

Инженерная школа ИШНПТ  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
 Отделение школы НОЦ Н.М. Кижнера

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Проектирование грохота железнорудных окатышей</b>
УДК <u>622.788.36</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6Б	Зябчук Никита Витальевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.	-		

По разделу «Механический расчет оборудования»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва И.Б.	к.т.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять базовые математические и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОПК-1,2,3; ПК-8,10,11,12; ОК-1,2,3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ОПК-1,2; ПК-1,3,,9; ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-2,4,5,16; ОК-5,7), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК – 1; ПК-2,4,5,8,17,18; ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ОПК -2,3; ПК-13,14,15; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК – 3; ПК-1,4,6,7,9,10,11; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,6), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС (ОК-4,6,8) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа

ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) Химическая  
технология

Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6Б	Зябчуку Никите Витальевичу

Тема работы:

Проектирование грохота железнорудных окатышей

Утверждена приказом директора (дата, номер)

27.02.2020, № 58-47/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

03.06.2020

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Разработка роликового грохота непрерывного действия для отсева сырых железнорудных окатышей перед их отправкой в обжиговую машину с параметрами:  
производительность грохота по питанию 100 т/ч;  
требуемый класс окатышей +9-16 мм;

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Реферат; Введение; 1 Литературный обзор; 2 Технологический расчет; 3 Механический расчет; 4 Результаты разработки; 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 6 Социальная ответственность; Заключение; Список использованных источников; Приложения.
<b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Лист 1 – Общий вид роликового грохота; Лист 2 – Технологическая схема.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Механический расчет оборудования	Беляев Василий Михайлович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.04.2020
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Тихонов Виктор Владимирович	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6Б	Зябчук Никита Витальевич		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Г6Б	Зябчук Никита Витальевич

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>НОЦ Н.М. Кижнера</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска и Сибирского федерального округа. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Расчет бюджетной стоимости ИР по разработке грехота
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности. Интегральный показатель рисков

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. «Портрет» потребителя
2. Оценка конкурентоспособности ИР
3. Матрица SWOT
4. Оценка перспективности нового продукта
5. График разработки и внедрения ИР
6. Бюджет ИП
7. Основные показатели эффективности ИП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Г6Б	Зябчук Никита Витальевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г6Б	Зябчук Никита Витальевич

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

<b>Проектирование грохота железнорудных окатышей</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: роликовый грохот Область применения: производство железнорудных окатышей
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>— организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования, ГОСТ 21752-76. Система «человек-машина». Маховики управления и штурвалы. ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные: повышенный уровень шума, пыль в воздухе рабочей зоны Опасные: движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выделение пыли Гидросфера: загрязнение водоемов Литосфера: загрязнение почвы
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: лесные пожары, наводнения, пожар при обжиге окатышей Наиболее типичная ЧС: пожар при обжиге окатышей

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г6Б	Зябчук Никита Витальевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа \_\_\_\_\_ 98 \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ 7 \_\_\_\_\_ рис., \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_\_ табл.,  
\_\_\_\_\_ 34 \_\_\_\_\_ источ., \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_ прил.

Ключевые слова: грохот, ролик, окатыши, класс, вал, привод, вращение, расстояние, отсеивание, грохочение

Объектом исследования является (ются) роликовый грохот

Цель работы – спроектировать роликовый грохот для отсева железнорудных окатышей класса +9-16 мм перед загрузкой их в обжиговую машину

В процессе исследования проводились расчеты параметров роликового грохота, а также механический расчет роликов

В результате исследования был спроектирован роликовый грохот, удовлетворяющий всем требованиям, предъявляемым в процессе проектирования

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: производительность грохота по питанию 100 т/ч; длина грохота 4600 мм; угол наклона плоскости грохочения 11°; количество роликов 50; мощность двигателя 5,5 кВт;

Степень внедрения: рекомендуется к применению на горнообогатительных комбинатах

Область применения: черная металлургия

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в выгодных отличиях данного грохота, которые также делают его дешевле аналогов

В будущем планируется внедрить данную разработку в производство

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Отсев окатышей происходит при помощи специальных машин – грохотов, которые получили свое название из-за характерного грохота при работе.

Грохот – машина или аппарата для разделения сыпучих материалов по размерам кусков или частиц.

Одно из применений грохотов, это отсев железнорудных окатышей перед загрузкой их в обжиговую машину.

Окатыши – комочки рудного концентрата сферической формы, являющиеся полуфабрикатом металлургического производства.

Обжиговая машина – металлургический агрегат для производства окатышей.

Окатыши получают путем окомкования.

Окомкование – процесс, при котором тонкоизмельченный материал при перекачивании образует гранулы сферической формы.

Материалом, подвергающимся окомкованию, является шихта.

Шихта – смесь тонкоизмельченных железосодержащих концентратов, флюсов и упрочняющих добавок.

Процесс окомкования и отсева окатышей на грохоте осуществляется в фабрике окомкования и является одной из стадий производства стали и чугуна.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	14
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВОГО ГРОХОТА .....	31
2.1 Вывод по технологическому расчету.....	40
3 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАЛА РОЛИКОВОГО ГРОХОТА .....	41
3.1 Определение силы давления цепи на вал .....	41
3.2 Расчет и подбор подшипников .....	44
3.3 Расчет вала на виброустойчивость, жесткость, прочность .....	46
3.4 Расчет вала на виброустойчивость .....	48
3.5 Расчет вала на жесткость.....	50
3.6 Вывод по механическому расчету .....	54
4 РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ .....	55
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	56
5.1 Анализ конкурентных технических решений .....	57
5.2 SWOT–анализ .....	58
5.3 Планирование научно - исследовательских работ .....	59
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	59
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	60
5.3.3 Разработка графика проведения исследования .....	61
5.4 Бюджет научного исследования .....	64
5.4.1 Затраты на сырье и материалы для роликового грохота .....	65
5.4.2 Специальное оборудование для экспериментальных работ .....	66
5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	66
5.4.4 Дополнительная заработная плата.....	68
5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	68
5.4.6 Накладные расходы.....	68
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	69
5.5.1 Интегральный финансовый показатель [18]:.....	69
5.5.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности .....	70
5.6 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность .....	72
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	73

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	74
6.1.1 Правовые нормы трудового законодательства.....	74
6.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	75
6.2 Производственная безопасность.....	76
6.2.1 Повышенный уровень шума .....	77
6.2.2 Подвижные части производственного оборудования.....	77
6.2.3 Повышенная запыленность .....	78
6.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны .....	79
6.3 Экологическая безопасность.....	80
6.3.1 Защита атмосферы .....	80
6.3.2 Защита гидросферы.....	81
6.3.3 Защита литосферы.....	82
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	82
6.5 Вывод по разделу социальная ответственность .....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	87
Приложения .....	91
Приложение А. Схема ситчатого грохота.....	91
Приложение Б. Схема ситчатого грохота .....	92
Приложение В. Устройство вибрационного грохота .....	93
Приложение Г. Схема барабанного грохота.....	94
Приложение Д. Размеры карт из износостойкой резины .....	95
Приложение Е. Общий вид роликового грохота с индивидуальным приводом .....	96
Приложение Ж. Схема расположения кожухов после каждого ролика .....	97
Приложение З. Строение роликового грохота с парным приводом.....	98

## ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство России находится не в самом лучшем своем состоянии. Объемы производства если не падают, то стоят на месте, доля экспорта очень мала. В 2013 году отрасль потерпела сильный крах, объем рынка сократился на 12% и такая негативная тенденция сохраняется.

Экспорт Российских окатышей также не может похвастаться высокими объемами. Поэтому увеличение качества окатышей пойдет только на пользу промышленности.

Железнорудные окатыши – сферические комочки рудного концентрата, являются полуфабрикатом производства чугуна. Обоженные окатыши с улучшенными прочностными свойствами (чтобы не испортились при длительной перевозке) отправляются к потребителю, который загружает их в доменную печь для дальнейшего производства. Соответственно, в том числе от них и их качества зависит состояние производства чугуна.

Актуальность данной работы заключается в следующем: проектирование качественного грохота позволит улучшить некоторые характеристики окатышей, что в свою очередь улучшит положение литейной отрасли.

Размеры окатышей, их сортировка, все это прямо влияет на их качество. От этих параметров зависит плотность и прочность окатышей, что несомненно очень важно при перевозке их на дальние расстояния для дальнейшего применения в производстве. Данный грохот поможет улучшить эти параметры, это делает его востребованным. Так же тема работы подчеркивает необходимость усовершенствования разработок такого характера.

Также окатыши определенных размеров увеличивают производительность обжиговых машин, что в свою очередь увеличивает

общие объемы производства окатышей и выводит производство на уровень выше, увеличивается возможность экспорта.

Также российские производители окатышей практически не используют отечественную технику на фабриках окомкования. В данной работе описывается устройство роликового грохота, раскрываются его параметры и характеристики, описываются сильные стороны. Можно сказать, что в настоящей работе доказывается, что и в России можно производить данную технику.

Цель данной работы: спроектировать роликовый грохот для выделения сырых железнорудных окатышей класса +9-16 мм, т.е. с зоной с расстояниями между роликами 9 мм и зоной 16 мм перед загрузкой их в обжиговую машину.

Для осуществления цели необходимо выполнить следующие задачи:

- изучить устройство аналогичных грохотов;
- проанализировать опыт предыдущих лет;
- рассчитать грохот;
- проверить на нагрузки.

Несомненно, роликовый грохот будет наклонным, так как это создаст дополнительные условия для продвижения окатышей к разгрузочному концу. Окатыши будут двигаться не только за счет вращающихся роликов, но и с помощью силы гравитации.

Следует спроектировать грохот с одним двигателем, который будет соединен со всеми роликами. Это позволит значительно упростить обслуживание и ремонт грохота, ведь следить за работой одного двигателя проще. Также это уменьшит вес конструкции и снизит нагрузку на раму, освободится пространство вокруг грохота. И еще замена многочисленных двигателей позволит снизить затраты на грохот.

Следует также попробовать вал роликового грохота спроектировать не полным, а полым внутри, т.е. сделать его из трубного проката. Это также

облегчит конструкцию и сделает ее дешевле. Также более легкие ролики будет удобнее монтировать.

В дипломной работе планируется использовать следующие методы исследования:

- анализ литературы;
- анализ нормативно-правовых документов;
- исследование рынка грохотов;
- изучение и обобщение отечественной и зарубежной практики;
- работа с руководителем;
- связь с поставщиками;

Новизна данной работы заключается в том, что данный грохот планируется проектировать с условием отсева окатышей на 3 фракции. На российском и зарубежном рынках грохоты подобного типа существуют в очень ограниченных масштабах, еще не так востребованы и достаточно новы, потребители только начинают переходить на грохоты с такой возможностью.

Раньше окатыши, которые меньше требуемого минимального для обжига размера, отправлялись обратно в производственную линию для доокомкования, а чей размер больше, отправлялись в обжиговую машину вместе с окатышами требуемого класса. Окатыши больших размеров затрудняли проход обжигового газа, это приводило к уменьшению производительности обжиговой машины и соответственно к уменьшению объемов производства окатышей. Предлагаемая же конструкция грохота позволит отсеивать окатыши не на две, а на три фракции, и обеспечит высокую производительность обжиговой машины.

## 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Грохот – машина, которая служит для разделения или отсева сыпучих материалов (сухих или увлажненных) по размерам кусков или частиц (фракций) [1]. Грохот при своей работе издает характерный шум, за что и получил свое название.

С помощью грохотов можно разделять кусковой и сыпучий материал на частицы различных размеров за счет разных просеивающих поверхностей со специальными калибровочными отверстиями (различной длины и ширины). У множества грохотов высокая производительность за счет большой площади поверхности грохочения.

Главным рабочим органом грохотов является просеивающая поверхность. От ее качества зависит эффективность грохочения, а также производительность и время бесперебойной работы машины.

Грохотов достаточно много видов, но основных и самых востребованных не так много. Они подразделяются [1]:

- по форме рабочей поверхности:
  - плоские грохоты;
  - барабанные грохоты;
- по расположению просеивающей поверхности:
  - наклонные;
  - горизонтальные.

Плоские грохоты подразделяются в свою очередь на [1]:

- вибрационные;
- роликовые.

В данном разделе, сравнивая между собой различные виды грохотов, оценивая их достоинства и недостатки, попытаемся разобраться, какой грохот лучше выбрать для отсева железнорудных окатышей перед их отправкой в обжиговую машину.

Ситчатый грохот является устройством для тонкого грохочения. В основном ситчатые грохоты применяются в производстве сухих строительных смесей. С его помощью также можно разделять материалы по крупности, для этого достаточно подобрать и установить сита с необходимыми отверстиями для просеивания частиц. Поэтому такой грохот может применяться для отсева железнорудных окатышей перед их загрузкой в обжиговую машину.

Принцип действия грохота заключается в следующем. Материал подается на самое верхнее сито. Сита представляют собой металлические листы с перфорацией, которая может быть круглой и квадратной формы. Постепенно просеиваясь он опускается на самое нижнее сито. По мере просеивания частицы, которые не прошли через отверстия сита, остаются на нем, в итоге получается, что на каждом сите будут оставаться частицы. Они будут скатываться с каждого сита из-за того, что они имеют наклон.

Материал, который поступает на грохочение, называется исходным. Зерна материала, которые меньше размеров отверстий сита проходят через них и будут называться подрешетным (нижним) продуктом, а зерна, которые не прошли через отверстия, будут называться надрешетным (верхним) продуктом. Имеющиеся сита перемещаются в плоскости при помощи прикрепленного вибро-мотора. За счет этого материал просеивается не только за счет гравитационных сил, тянущих его вниз к земле, но и за счет сил инерциальных, которые непрерывно перемешивают частицы между собой и увеличивают удельную поверхность перемешивания. Их может быть несколько в зависимости от требуемого количества фракций. Стоит также учесть, что при просеве материала число фракций равно числу сит плюс 1. Это происходит из-за того, что слишком большие частицы из самой начальной смеси не могут пройти через отверстия (установленного размера) самого верхнего сита. Таким образом, каждый подрешетный продукт становится материалом для последующего сита.

Существенным недостатком ситчатых грохотов является недостаточная эффективность просеивающей поверхности при отсеве мелкой фракции. Это происходит вследствие того, что в каждом исходном материале находятся частицы негабаритных размеров, из-за которых забиваются отверстия в сите. В патенте «Вибрационный грохот» [2] сказано, что через всего 5 минут после начала работы сита 50% отверстий забиваются кусками, которые невозможно удалить постукиванием и 30%, которые можно удалить постукиванием. Из-за чего эффективность работы сита уменьшается значительно.

Автор патента ставит перед собой задачу увеличения эффективности сита по разделению агломерата на фракции по крупности, а также повысить срок службы устройства.

Согласно патенту (приложение А), грохот состоит из короба, к которому присоединены амортизаторы и также вибровозбудителя, который служит для возбуждения вибрации короба и вследствие улучшения скорости просеивания, и присоединенных к нему просеивающих поверхностей. Просеивающие поверхности выполнены в форме полок, которые являются сетчатыми поверхностями. Сверху на сетках расположены ячеистые элементы. Полки расположены каскадом, наклон которого к горизонтальной поверхности составляет  $30-45^\circ$ , а угол наклона самих полок к горизонтальной поверхности составляет  $10-25^\circ$ .

Техническая сущность патента заключается в том, что за счет разработанных ячеистых элементов, расположенных на сетчатой поверхности на верхней части полки, создается эффект самофутеровки. Это значит, что зерна материала, размер которых больше размера ячейки сетчатой поверхности, но меньше высоты ячейки ячеистого элемента, совершают значительно меньше поступательных движений и таким образом защищают сетчатую поверхность от истирания. Также эта поверхность, состоящая из частиц большого размера, служит как тормоз для



перемещающегося по ней слоя мелкого материала, и из-за этого уменьшается скорость движения мелкой фракции.

Угол наклона каскада просеивающих полок в  $30-45^\circ$  взят не случайно. При величине угла более  $45^\circ$  увеличивается общая скорость движения массы агломерата, сокращается площадь пересыпных полок, все это приводит к неэффективному разделению сыпучих материалов по фракциям. При величине угла менее  $30^\circ$  просеивающая поверхность выравнивается и скорость движения крупной фракции снижается, из-за этого ухудшается отделение от нее мелкой фракции, которое происходит перекатыванием.

Угол наклона самих полок к горизонтали  $10-25^\circ$  тоже взят не случайно.

Ведь при величине угла более  $25^\circ$  увеличивается скорость движения всех фракций, они излишне смешиваются и при этом затрудняется отделение мелкой фракции от более крупной. А при величине угла менее  $10^\circ$ , наоборот, уменьшается общая скорость, что также приводит к уменьшению эффективности разделения фракций.

У данного грохота есть и свои недостатки. При просеивании железнорудных окатышей через сито данного ситчатого грохота они могут повреждаться. Так как железнорудные окатыши поступают на грохот в сыром виде, они не имеют достаточной прочности и при соприкосновении с краями отверстий сита, при постоянном перемещении по ситчатой просеивающей поверхности, будет разрушаться сферическая форма окатышей, их края будут срезаться.

Еще одним недостатком является сложность замены пакета ситчатых полок. Если на производстве понадобится изменить размер просеиваемых окатышей, и в грохоте не будет ситчатой полки с отверстиями необходимого размера, то придется менять одно, а может быть и несколько ситчатых полок. Это приведет к серьезному простою производственной линии, потому что надо будет отсоединить сито и поставить новое, а если сита с нужным

размером отверстий не будет, то необходимо будет вообще заказывать новое сито.

Далее рассмотрим еще один ситчатый грохот для более полного представления работы грохотов данного типа.

В патенте «Грохот» [3] авторы ставят перед собой задачу: создание грохота с возможностью регулирования технологических параметров, которые не изменяются от внешних факторов (производительность, поглощение энергии опорами), а также обеспечение балансировки системы.

Грохот в данном патенте состоит из короба с ситом и привода в виде кривошипа, его ось эксцентрично закреплена на ступице шкива (приложение Б). Дебалансный груз, установленный на шкиве, можно плавно перемещать в тангенсальном и радиальном направлениях и фиксировать в заданном положении.

Такая конструкция дает возможность плавно изменять амплитуду колебаний короба и тем самым оптимально настраивать технологические параметры, и при этом обеспечить устойчивость системы опора – грохот для каждого из положений кривошипа.

Принцип работы описанного грохота заключается в следующем.

При вращении шкива (под воздействием кривошипа) загрузочная часть короба совершает круговые движения, а разгрузочная совершает прямолинейные возвратно-поступательные движения. Этим обеспечивается эффективность отсева или грохочения. Для того, чтобы подстроиться под условия грохочения конкретного материала (полагаясь на крупность рассева), достаточно поменять амплитуду колебаний короба путем поворота корпуса кривошипа относительно ступицы шкива и закрепления его в текущем положении. При этом увеличивается инерционная сила короба. Чтобы ее скомпенсировать, дебалансный груз необходимо переместить к оси

вращения шкива, если амплитуда уменьшена, то ближе, а если увеличена, то дальше.

Корпус, дебаланс и кривошип перемещаются равномерно. Это оптимизирует эффективность грохочения и уравнивание системы для каждого отличающегося режима и соответственно разных материалов. Это очень удобно, не нужно перемещать каждый элемент по отдельности, а также быстро, что экономит производственное время.

Таким образом описанные характеристика изобретения достаточны для выполнения поставленной задачи.

Рассмотрим еще вариант исполнения вибрационного ситчатого грохота и ознакомимся с недостатками, выявленными в патенте «Вибрационный грохот» [4], и предложенным вариантом их решения.

Данный грохот имеет следующее устройство.

Грохот состоит из несущей рамы, на ней установлен короб, который состоит из поперечных и боковых балок, вибровозбудитель колебаний, а также главный рабочий орган – металлические просеивающие поверхности. Нижняя просеивающая поверхность сделана в виде лотков с бортами. С верхних секций вниз спускаются шторки (приложение В).

Недостатком данного грохота является то, что просеивающие поверхности изготовлены из цельных металлических листов. И при неравномерном изнашивании листов их необходимо заменять полностью, что дорого и трудозатратно. Так же листы жестко прикреплены к коробу, что усложняет ремонт.

Так же недостатком грохота является то, что боковые стенки, которые располагаются под просеивающими поверхностями, ничем не защищены и страдают от эрозионного износа.

Решением второй обозначенной проблемы является покрытие боковых стенок износостойкой резиной. Это сведет к нулю эрозионный износ

боковых поверхностей. Хотя и придется затратить средства на закупку резины, это все равно будет стоить дешевле, чем замена стальных боковых поверхностей.

Решение главной проблемы заключается в замене верхних цельнометаллических просеивающих поверхностей на отдельные секции, а нижних на отдельные лотки.

В случае неравномерного износа отдельных секций и отдельных лотков их легко заменить по отдельности и не прибегать к замене целого металлического просеивающего полотна. Такое исполнение грохота секционными листами повышает его ремонтпригодность и значительно уменьшает время простоя при ремонте.

Секции и лотки изготовлены из металла. За счет того, что металл легко поддается газовой и плазменной резке, металлические секции и лотки легко изготавливать и иметь запасные на случай ремонта, что повысит ремонтпригодность и уменьшит время простоя.

Секции, а также лотки, имеют одинаковые геометрические размеры, что позволяет иметь в запасе достаточное количество дополнительных секций и лотков, чтобы в нужный момент легко и быстро заменить изношенные на новые.

Чтобы обеспечить жесткость конструкции, необходимо жестко закрепить секции и лотки, чтобы они под действием просеиваемого материала и вибраций не слетали со своих мест. Секции и лотки жестко крепятся к продольным и поперечным балкам болтами.

Так же стоит отметить, что шторки из износостойкой резины, прикрепленные к нижним частям верхней просеивающей поверхности также при необходимости легко заменить.

Чтобы куски просеиваемого материала не ударялись в боковые балки короба грохота и не проваливались в зазоры между коробом и лотками

нижней просеивающей поверхности, лотки сделаны с бортами. Шторки опускаются и свисают вдоль бортов, что не позволяет им выпадать из лотков.

Данное техническое решение позволило значительно увеличить срок службы вибрационного грохота, ремонтпригодность и значительно снизить время простоя при ремонтных операциях.

Рассмотрим возможность применения барабанного грохота для отсеивания железнорудных окатышей перед загрузкой в обжиговую машину.

Барабанный грохот получил свое название из-за того, что основной его частью является барабан. Изготавливается барабан диаметром 1500-2000 мм и длиной несколько метров. По всей поверхности барабана расположены отверстия необходимого диаметра от нескольких миллиметров до десятков миллиметров. Устройство барабанных грохотов различно. Отверстия в стенке барабана могут быть как одного диаметра по всей длине, так и постепенно увеличиваться в диаметре по мере приближения к концу барабана, это можно представить как несколько барабанов с разными отверстиями скреплены в один длинный. Так же известно устройство барабанного грохота, который представляет из себя каскад отдельных барабанов, располагающихся каждый чуть ниже предыдущего.

Важно отметить, что барабан грохота всегда располагается под углом (в сторону разгрузочного отверстия) к горизонтали в 3-8°, такие значения могут варьироваться в зависимости от производительности и гранулометрического состава.

Барабан установлен на раме и приводится во вращение с помощью специальных приводных роликов, они зацепляются не за сам барабан, а за приваренные по окружности бандажи. Приводные ролики устанавливаются рядом с приемным отделением, потому что там материал не скапливается и его вес наименьший, соответственно двигатель испытывает меньшие нагрузки. Ближе к разгрузочному отверстию располагаются опорные ролики.

Они принимают на себя основную нагрузку, поэтому изготавливаются из высокопрочных марок сталей.

Принцип действия барабанного грохота состоит в следующем. Материал загружается в верхнюю часть барабана (через специально смонтированное отверстие). Барабан, вращаясь, перемешивает материал, более мелкие частицы проходят через отверстия определенного диаметра, установленные заранее с расчетом на необходимый продукт. Под барабаном располагается конвейерная лента, которая транспортирует отсепарированный материал (еще он называется подрешетным) в нужное место (часто это обычная насыпь, которая образуется возле самого грохота, но также может накапливаться в сберегательных отделениях). Более крупные частицы материала остаются внутри барабана, но за счет того, что барабан наклонен к горизонтали, постепенно перемещаются вдоль оси к его концу и выпадают.

Типовые достоинства барабанных грохотов заключаются в простоте их конструкции и соответственно обслуживания. За счет цилиндрического устройства грохота обеспечивается равномерность работы системы. Открытость рабочей поверхности дает возможность для неотложных ремонтных работ и беспрепятственного очищения рабочей поверхности.

У барабанных грохотов есть и свои типовые недостатки об одном из таких говорится в патенте «Барабанный грохот» [5].

Но, прежде чем перейти к освещению недостатков и к возможным их решениям, следует пояснить устройство барабанного грохота данного патента.

Барабанный грохот включает поверхность для просеивания, которая выполнена в виде трех секций (приложение Г), которые установлены соосно друг с другом, а снаружи их охватывает внешний корпус. Просеивающая поверхность каждой секции имеет отверстия меньшего диаметра, чем предыдущая. Чтобы конструкция была устойчива, промежуточная секция

жестко связана с внутренней секцией и с внешним непроницаемым корпусом.

Питающее устройство не имеет сложной конструкции, оно просто подает материал во внутреннее цилиндрическое сито. А вот выпускное устройство представляет собой узел, выполненный как четыре отдельных желобчатых лотка.

Для обеспечения лучшего перемешивания в каждой просеивающей секции установлены по три линии специальных прерывистых лопаток, которые закреплены под углом в  $20-30^\circ$  к продольной оси внешнего корпуса.

Внешний корпус опирается через бандаж на приводные ролики. Недостатком данного грохота является неэффективная работа роликов и недостаточная жесткость барабана по линии его контакта с роликами.

Автор патента исключает данные недостатки следующим образом.

Внешняя просеивающая секция имеет кольцевые бандажи, которые исполнены в виде ребер жесткости, они требуются для обеспечения усиления корпуса грохота (для повышения его сопротивления на изгиб) и для стабильного его контакта с приводными роликами.

У ребер жесткости поверхность, которая контактирует с приводными роликами, параллельна внешней просеивающей секции, что обеспечивает контакт по площади, а не по линии.

Приводные ролики жестко закреплены на валах, что обеспечивает полную передачу вращения от вала к ролику.

Так же привод грохота устроен достаточно продуманно. Между приводными роликами установлен обводной ролик. Он соединен приводным ремнем через шкив с двигателем, что позволяет обеспечивать передачу вращения с вала двигателя сразу на оба вала приводных роликов.

Приводные ролики имеют такую же ширину, как и кольцевой бандаж, который к тому же снабжен полями, выступающими за пределы поверхности

контакта с роликами. Это позволяет контролировать уверенное положение грохота и не допускать смещение линии контакта корпуса и роликов.

Рассмотренные ранее жесткие связи между внутренними и внешними просеивающими поверхностями располагаются в плоскостях, которые проходят через бандаж. Это придает корпусу и ситчатым поверхностям дополнительную жесткость.

Рассмотрим еще один вариант исполнения барабанного грохота.

Авторы данного патента [6] «Барабанный грохот» ставят цель существенно увеличить срок службы грохота, а также увеличить надежность, долговечность и ремонтпригодность конструкции.

Данная цель достигается путем футеровки внутренней поверхности цилиндрической просеивающей сетки барабана картами прямоугольной формы из износостойкой резины.

Размеры карт представлены в приложении Д.

Карты образуют прямолинейные ряды как по окружности (в плоскостях перпендикулярных центральной оси барабана), так и по оси (вдоль центральной оси барабана).

Так же на картах расположены наклонные лифтеры. Лифтеры представляют собой резиновые направляющие (наросты), они расположены на карте под углом 5-25° для лучшего перемешивания, что в свою очередь увеличит производительность барабанного грохота.

Резиновые карты крепятся к просеивающей поверхности барабана болтом (с потайной головкой) по центру. Можно также крепить резиновые карты в пяти местах: по центру и по четырем углам.

Данная конструкция в большей степени устраняет освещенные недостатки и позволяет заменять не только изношенные резиновые карты без разборки всей просеивающей поверхности, но и использовать любой вид резины, в зависимости от нужд производства.



При правильном подборе эластичности, износостойкости резиновых карт, и их размеров просеивающая поверхность изготовленная из таких карт будет превосходить по износостойкости металлические конструкции.

Таким образом вместе с повышением износостойкости и долговечности просеивающей поверхности за счет футеровки резиновыми картами, также повышается ремонтпригодность грохота.

Рассматривая вибрационные ситчатые и вращающиеся барабанные грохоты из разных патентов можно выявить основные недостатки этих грохотов.

Низкая производительность, забивание сита частицами, недостаточная жесткость конструкции. А также многие авторы стремятся к увеличению срока службы и ремонтпригодности оборудования.

Так же следует отметить, что ситчатые и барабанные грохоты не так хороши при необходимости просеивания железнорудных окатышей. Окатыши поступают на отсев сразу после барабанных окомкователей, и еще не имеют достаточной прочности. Поэтому края отверстий в ситах ситчатых и барабанных грохотов будут непременно срезать и повреждать окатыши. Поэтому стоит рассмотреть еще один вид грохотов – роликовые.

Роликовый грохот состоит из рамы к которой прикреплены ролики (от них и название). Роликов должно быть несколько, обычно минимальное их количество шесть, а максимальное зависит от количества фракций, производительности. Так же все ролики гладкие, чтобы исключить налипание частиц мелкодисперсного материала и влажного материала.

Все ролики вращаются за счет приводов в одном направлении, это нужно для того, чтобы материал не застаивался на одном месте и перемещался к разгрузочной стороне быстрее.

Все ролики находятся в одной плоскости, угол наклона которой к горизонтали составляет 6-20°. К вращению роликов добавляется

самостоятельное перемещение материала по наклонной плоскости. Это ускоряет процесс грохочения и предотвращает забивание щелей между роликами крупными частицами.

Промышленности известны роликовые грохоты с индивидуальным приводом, когда к каждому ролику присоединен мотор-редуктор, и с парным приводом, когда два ролика приводятся в движение одним мотором-редуктором. Но чаще всего применяются роликовые грохоты с индивидуальным приводом. Общее строение такого грохота представлено в приложении Е.

«Скелетом» грохота является рама, она состоит из четырех сваренных балок. Как уже было сказано выше, наклон роликового грохота может изменяться, на задних стойках, на которых держится рама, установлены пазы, позволяющие производить регулировку угла наклона.

Каждый ролик установлен в двух роликоопорах с шарикоподшипниками. Поверхность ролика сделана из износостойкого, нержавеющей, немагнитного материала, это может быть, например, сталь 12Х18Н10Т. Щель между роликами изменяется при помощи роликоопоры.

По высоте вал мотора-редуктора центрируется относительно ролика при помощи подкладок, а по горизонтали установка вала обеспечивается пазами, которые находятся на опорной части рамы.

Чтобы окатыши не просыпались мимо, грохот оснащен бортами. А чтобы защитить мотор-редукторы от пыли и грязи и предотвратить их преждевременный выход из строя, над ними установлены укрытия или они полностью расположены в защитном корпусе.

Если в производстве необходим отсев материала на несколько фракций, то щели между роликами увеличиваются постепенно по мере приближения к разгрузочной зоне.

Рассмотрим несколько патентов роликового грохота, разберем его недостатки и отличительные достоинства по сравнению с ситчатыми и барабанными грохотами.

В патенте «Роликовый грохот» рассматривается роликовый грохот с индивидуальным приводом [7].

Автор данного патента выделяет у роликового грохота следующие недостатки.

При работе грохота куски материала, размер которых немного больше межроликового пространства, опускаются в щель между роликами и подвергаются затягивающей и выталкивающей силам предыдущего и последующего роликов соответственно, а также на них действуют силы давления частиц, перемещающихся выше.

Все это затрудняет выход крупных частиц из межроликового пространства, что препятствует вращению роликов. Вследствие этого ролики может даже заклинивать. А также мощность мотор-редукторов может меняться.

Застраившие частицы переизмельчаются, эффективность грохочения снижается, на элементы грохота увеличиваются нагрузки, ролики изнашиваются значительно быстрее, а также повышаются энергетические затраты на процесс грохочения.

Целью изобретения автор ставит перед собой повышение качества подрешетного материала и надежности работы грохота.

Данная цель достигается тем, что к раме после каждого ролика прикреплены кожухи (приложение Ж). Таким образом частицы материала, которые ранее застревали, сейчас будут проходить далее, также частицы материала не будут воздействовать на ролики, что увеличит срок службы роликов до 1 года, и соответственно уменьшит количество часов простоя грохота во время ремонтов.

Таким образом при работе грохота материал подается на поверхность просева мелкодисперсные частицы, а также частицы, размер которых больше расстояния между роликами, за счет сил трения, веса самой частицы, трения с частицами вышележащего слоя, реакции кожуха теперь также перемещаются к разгрузочному концу.

Таким образом выгодное отличие данного ролика заключается в том, что при наличии кожухов повышается надежность роликового грохота, материал больше не застревает и не разрушается, а также повышается качество подрешетного материала.

Рассмотрим устройство роликового грохота с парным приводом [8].

Грохот в данном патенте конструктивно отличается от своих аналогов наличием парного привода. То есть два вала с зубчатыми колесами соединены кинематически между собой и двумя роликами, и теперь количество мотор-редукторов не равно количеству роликов, а в два раза меньше. Так же грохот отличается тем, что выходные валы защищены отдельными корпусами, которые шарнирно подвешены к раме с возможностью менять угол разворота.

У роликовых грохотов обязательно должна быть возможность увеличивать расстояния между роликами для отсева класса определенного размера, а также уменьшать расстояния при износе роликов.

У роликовых грохотов с индивидуальным приводом изменение расстояний осуществляется без затруднений, а с парным приводом такой возможности практически нет.

Целью данного патента автор ставит перед собой создать возможность изменять зазор между роликами в грохоте, имеющем парный привод.

Автор для решения данной задачи предлагает следующее устройство грохота.

Данный роликовый грохот имеет дополнительные редукторы. Дополнительный редуктор состоит из корпуса, двух валов, имеющих зубчатые колеса. Редуктор находится в зацеплении с ведущей шестерней, которая находится на валу привода. Приводы расположены в шахматном порядке по разные стороны грохота. Привод через шестерню, зубчатые колеса, валы, муфты приводит во вращение сразу два ролика.

Регулировать зазоры между роликами в данном грохоте необходимо следующим образом (приложение 3).

Отпускаются болты крепления подшипников роликов 2 к раме. Потом нужно вокруг оси 10 развернуть корпуса 9 с валами 6 и колесами 7, установить необходимое расстояние между осями валов, что соответствует расстоянию между роликами. Благодаря тому, что обеспечивается связь между корпусами 9 и осью 10, сохраняется межцентровое расстояние между зубчатыми парами 7-8. При данных манипуляциях изменяется положение валов по высоте, вернуть их на место можно поворотом опор 12. Расстояния между роликами одной пары изменены, а чтобы изменить расстояния между соседними парами роликов, необходимо переместить корпуса 5 и корпуса подшипников роликов.

Данное изобретение позволяет изменять расстояния между любыми двумя роликами, имеющими общий привод, это сильно упрощает конструкцию роликового грохота, облегчает его эксплуатацию и уменьшает затраты, так как необходимо мотор-редукторов в два раза меньше, чем в роликовом грохоте с индивидуальными приводами.

В ходе проведенного обзора литературы были рассмотрены несколько патентов на темы: ситчатый, барабанный, роликовый грохоты.

Ситчатые грохоты разрушают сырые железнорудные окатыши сетчатыми отверстиями просеивающей поверхности. Уровень вибрации при работе ситчатых грохотов достаточно высок.

Барабанные грохоты также разрушают окатыши. Еще одним недостатком являются их большие размеры.

Роликовые грохоты не разрушают неокрепшие частицы сырых железнорудных окатышей, не изменяют их форму. Роликовые грохоты являются самыми бережными по отношению к окатышам. Уровень их вибрации очень низок, и по размерам они уступают барабанным грохотам.

Также среди достоинств роликовых грохотов стоит отметить их высокую производительность.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что самым подходящим для процесса отсева сырых железнорудных окатышей, подаваемых на грохот сразу после барабанного окомкователя, является роликовый грохот.

В настоящем дипломе будет рассчитан роликовый грохот с индивидуальным приводом, т.к. несмотря на преимущества парного привода, он все же не так просто устроен, не так удобен в производстве и менее востребован на рынке по сравнению с роликовым грохотом с индивидуальным приводом.

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВОГО ГРОХОТА

Под технологическим расчетом понимаются расчеты, связанные с видом, особенностями и рабочими параметрами процесса грохочения сырых железнорудных окатышей.

Целью данного расчета будет определение ширины и числа роликов, угла наклона плоскости грохочения к горизонтали, а также мощность привода ролика.

Расчет будет выполняться из условия, что рассев будет проводиться по крупности на три класса, соответственно участков грохочения будет два.

Исходные данные для технологического расчета (взяты по аналогии с существующими грохотами) [9, 11, 12]:

Производительность грохота, т/ч:

по готовому продукту.....	50
Q - по исходному питанию .....	100
$Q_{исх1}$ – производительность I участка по исходному питанию, т/ч .....	280
B - рабочая ширина грохота, м .....	2,4
$\alpha$ - угол наклона грохота, ° .....	11
D - диаметр роликов, мм .....	83
n - частота вращения роликов, мин <sup>-1</sup> .....	100
W - влажность сырых окатышей, % .....	9
$\beta$ - гранулометрический состав окатышей, мм .....	0,2
Требуемый класс гранул, мм .....	+9-16
$\beta_1$ - содержание класса меньше ширины щели $b_1$ в питании грохота, доли ед. ....	0,6
$\beta_2$ - содержание класса меньше щели $b_2$ , доли ед. ....	0,06

$\alpha_1$  - содержание класса меньше размера ширины щели участка I в исходном питании, % ..... 70

$\delta_1$  - содержание класса меньше ширины щели участка I в подрешетном продукте, % ..... 40

$\Delta_1$  – содержание класса меньше ширины щели участка I в продукте, отсеянном на этом участке, %..... 40

$\Delta_2$  – содержание класса меньше ширины щели участка I, отсеянного на участке II, % ..... 4

Требуемое количество роликов  $m_1$ , шт., для участка с щелями  $b_1$  [9]:

$$m_1 = \frac{Q \beta_1 \varepsilon_1}{q_1 K_{m1} K_p K_w K_{k1} \theta_1 (B - 0,25)} , \quad (2.1)$$

где  $Q$  – производительность грохота по исходному питанию, т/ч;

$\beta_1$  – содержание класса меньше ширины щели  $b_1$  в питании грохота, доли ед., берется в пределах 0,6 - 0,7 [9];

$\varepsilon_1$  – эффективность грохочения участка со щелью  $b_1$ , %;

$q_1$  – удельная нагрузка (производительность) на 1 м щели, т/(м·ч), зависит от размера щели. По рисунку 1  $q_1 = 0,65$  т/(м·ч), т.к.  $b_1 = 9$  мм;

$K_{m1}$  – коэффициент зависимости содержания класса меньше размера щели  $b_1$ ;  $K_{m1} = 1,2$  (принимается в пределах 1,2 - 1,4);

$K_{k1}$  – коэффициент зависимости содержания класса больше размера щели  $b_1$ ,  $K_{k1} = 1,0$  (принимается 1,0 - 0,95);

$K_p$  – коэффициент отличия расчетной скорости ролика от принимаемой;

$$K_p = \frac{v_p}{v_n}, \text{ где } v_p - \text{ расчетная линейная скорость ролика, м/с.} \quad (2.2)$$

$$v_p = 0,86 - 2,2(N/L)_p = 0,86 - 2,2 \cdot 0,165 = 0,497 \text{ м/с,} \quad (2.3)$$

где  $N$  – стрела арки, м;

$L$  – длина пролета арки, м (рисунок 2).

Отношение  $N/L$  зависит от гранулометрического состава и влажности материала и не должно выходить за пределы 0,055 – 0,185.



Отношение  $H/L$  определяется в зависимости от гранулометрического состава ( $\beta$ ) и влажности ( $W$ ) и приравнивается большему из них.

$$(H/L)_{\beta} = 0,195 - 0,15\beta = 0,195 - 0,15 \cdot 0,2 = 0,165; \quad (2.4)$$

$$(H/L)_w = 4,1W - 0,3 = 4,1 \cdot 0,09 - 0,3 = 0,069, \quad (2.5)$$

где  $W$  – влажность сырых окатышей, %.

Таким образом, принимаем  $(H/L)_p = 0,165$ .

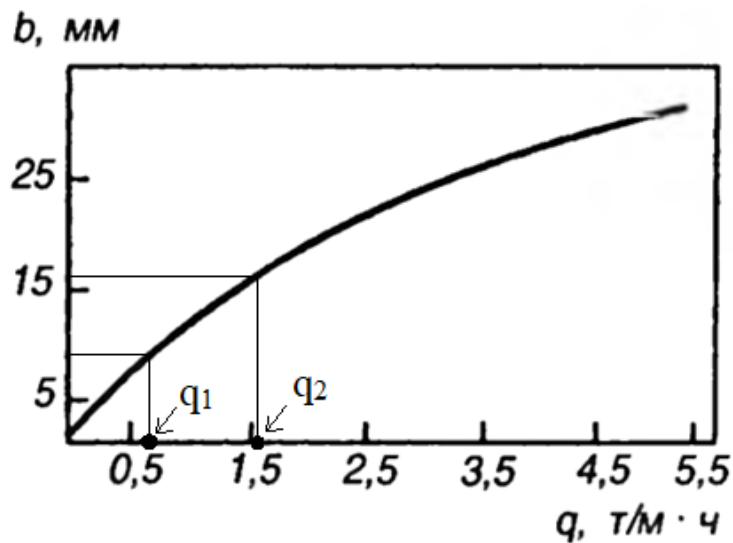


Рисунок 1 – Зависимость удельной производительности роликового грохота от размера щели [9].

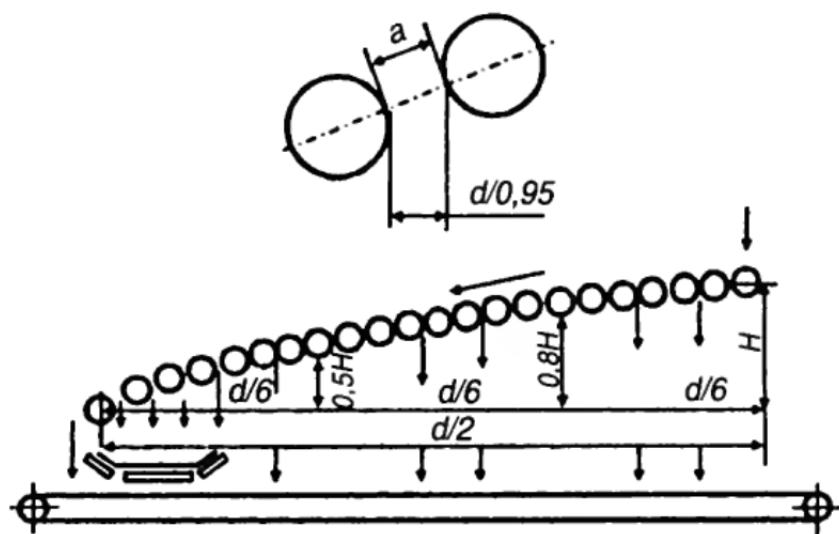


Рисунок 2 – Схема для расчета привода ролика роликового грохота [9].

Фактическая линейная скорость ролика  $v_{л}$ , м/с [9]:

$$v_{л} = \pi \cdot D \cdot n / 60 = 3,14 \cdot 0,083 \cdot 100 / 60 = 0,654 \text{ м/с}, \quad (2.6)$$

где  $D$  – диаметр ролика, м;

$n$  – частота вращения ролика,  $\text{мин}^{-1}$ ;

Таким образом  $K_p = 0,497 / 0,654 = 0,76$

$K_w$  – коэффициент влияния влажности, при  $(H/L)_w > (H/L)_\beta$  (определяется по таблице 1).

Таблица 1 – Значения коэффициента влияния влажности [9]

m	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$K_w$	0,40	0,50	0,59	0,68	0,76	0,84	0,91	0,97	1,00

$$m = (H/L)_\beta / (H/L)_w. \quad (2.7)$$

При  $(H/L)_w = 0,069 \leq (H/L)_\beta = 0,165$  принимаем  $K_w = 1$ . Значит  $K_w = 1$ .

$\theta$  – коэффициент эффективности грохочения, принимается в зависимости от эффективности грохочения  $\varepsilon$  (по таблице 2).

Таблица 2 – Значения коэффициента эффективности грохочения [9]

$\varepsilon$	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,89	0,92	0,95	0,98
$\theta$	1,30	1,20	1,12	1,05	1,00	0,95	0,92	0,90	0,88

$B$  – ширина грохота (длина рабочей части роликов), м.

Эффективность грохочения  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  для участков с щелями шириной  $b_1$  и  $b_2$  определяется следующим образом.

Точность отсева I участка с щелью  $b_1$ , % [9]:

$$\varepsilon_1 = 10^4 \frac{(\alpha_1 - \delta_1)}{\alpha_1(100 - \delta_1)} = 10^4(70-40) / 70 \cdot (100-40) = 71 \%, \quad (2.8)$$

где  $\alpha_1$  – содержание класса меньше размера ширины щели участка I в исходном питании, %;

$\delta_1$  – содержание класса меньше размера ширины щели участка I в подрешетном продукте, %;  $\alpha_1$  и  $\theta_1$  задаются технологическими требованиями.

По таблице 2 принимаем  $\theta_1 = 1,184$ , т.к.  $\varepsilon_1 = 71$  %.

Теперь, когда все данные получены, можно посчитать требуемое количество роликов  $m_1$ , шт., для участка с щелями  $b_1$

$$m_1 = \frac{Q \beta_1 \varepsilon_1}{q_1 K_{m1} K_p K_w K_{k1} \theta_1 (B - 0,25)} = \frac{100 \cdot 0,6 \cdot 0,71}{0,65 \cdot 1,2 \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,184 \cdot (2,4 - 0,25)} = 28,23$$

$m_1 = 28,23$  округляем до большего целого,  $m_1 = 29$  роликов.

Точность отсева II участка с щелью  $b_2$ , % [9]:

$$\varepsilon_2 = 10^4(\alpha_2 - \delta_2)/\alpha_2(100 - \delta_2) = 10^4(1,22 - 0,012) / 1,22(100 - 0,012) = 99 \%; \quad (2.9)$$

где  $\alpha_2$  – содержание класса меньше размера ширины щели участка II в подрешетном продукте, %:

$$\alpha_2 = Q_{\alpha 2}/Q_{исх 2} = 83,2 / 68 = 1,22 \%, \quad (2.10)$$

где  $Q_{\alpha 2}$  – содержание класса II участка в исходном питании, т/ч:

$$Q_{\alpha 2} = Q_{исх 1} \cdot \alpha_1 + Q_{исх 2} \cdot \Delta_1 = 80 \cdot 0,7 + 68 \cdot 0,4 = 83,2 \text{ т/ч}; \quad (2.11)$$

Производительность II участка по исходному питанию, т/ч:

$$Q_{исх 2} = Q - Q_{исх 1} \cdot \Delta_1/100 = 100 - 80 \cdot 40/100 = 68 \text{ т/ч}, \quad (2.12)$$

где  $Q$  – производительность грохота по исходному питанию, т/ч;

$Q_{исх 1}$  – производительность I участка по исходному питанию, т/ч;

$\Delta_1$  – содержание класса меньше ширины щели участка I в продукте, отсеянном на этом участке, %.

$\delta_2$  – содержание класса меньше ширины щели участка II в подрешетном продукте II участка, %:

$$\begin{aligned} \delta_2 &= (Q_{\alpha 2} - Q_{\alpha 2} \cdot \Delta_2) / 100(Q_{исх 2} - Q_{\alpha 2} \cdot \Delta_2) = \\ &= (83,2 - 83,2 \cdot 0,04) / 100(68 - 83,2 \cdot 0,04) = 0,012 \%, \end{aligned} \quad (2.13)$$

где  $\Delta_2$  – содержание класса меньше ширины щели участка I, отсеянного на участке II, %;

Расчет необходимого количества роликов для участка с щелью  $b_2$ :

$$m_2 = \frac{Q [1 - (\beta_1 \varepsilon_1 - \beta_2)] \cdot \varepsilon_2}{q_2 K_{m2} K_p K_w K_{k2} \theta_2 (B - 0,25)}, \quad (2.14)$$

где  $\beta_2$  – содержание класса меньше щели  $b_2$ , доли ед. Принимается в пределах 0,05 – 0,1. Принимаем  $\beta_2 = 0,06$  доли ед.

$q_2$  – удельная нагрузка (производительность) на 1 м щели, т/(м·ч), зависит от размера щели. По рисунку 1  $q_2 = 1,55$  т/(м·ч), т.к.  $b_2 = 16$  мм;

$\theta_2$  – коэффициент эффективности грохочения, принимается в зависимости от эффективности грохочения  $\varepsilon$ . Принимаем по таблице 2  $\theta_2 = 0,88$ , т.к.  $\varepsilon_2 = 99$  %.

$K_{m2}$  – коэффициент зависимости содержания класса меньше размера щели  $b_2$ ;  $K_{m2} = 1,2$  (принимается в пределах 1,2 - 1,4);

$K_{k2}$  – коэффициент зависимости содержания класса больше размера щели  $b_2$ ,  $K_{k2} = 1,0$  (принимается 1,0 - 0,95);

$$\begin{aligned} m_2 &= \frac{Q [1 - (\beta_1 \varepsilon_1 - \beta_2)] \cdot \varepsilon_2}{q_2 K_{m2} K_p K_w K_{k2} \theta_2 (B - 0,25)} = \\ &= \frac{100 [1 - (0,6 \cdot 0,71 - 0,06)] \cdot 0,99}{1,55 \cdot 1,4 \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot (2,4 - 0,25)} = 20,12 \end{aligned}$$

$m_2 = 20,12$  округляем до большего целого,  $m_2 = 21$  ролика.

Длина роликового грохота [9]:

$$L/2 = 0,97 \{ [m_1(D + b_1)] - d_1 + [m_2(D + b_2)] \} \cos \alpha, \quad (2.15)$$

где  $b_1, b_2$  – ширина щелей, мм.

$$b_1 = d_1/0,95 \cos \alpha, \quad b_2 = d_2/0,95 \cos \alpha, \quad (2.16)$$

где  $d_1, d_2$  – диаметры окатышей по которым производится грохочение, мм. Учитывая требуемый класс окатышей +9-16 мм,  $d_1 = 9$  мм,  $d_2 = 16$  мм.

$$b_1 = d_1/0,95 \cos \alpha = 9/0,95 \cdot \cos 11 = 9,3 \text{ мм},$$

$$b_2 = d_2/0,95 \cos \alpha = 16/0,95 \cdot \cos 11 = 16,53 \text{ мм}.$$

$$\begin{aligned} L/2 &= m_1(D + b_1) + [m_2(D + b_2) - b_2] = \\ &= [29(83 + 9,3)] + [21(83 + 16,53) - 16,53] = 4600,3 \text{ мм} = 4,6 \text{ м} \end{aligned}$$

Высота арки, м:

$$H = L \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) = 4,6 \cdot 2 \cdot \operatorname{tg}(11/2) = 0,886 \text{ м} \quad (2.17)$$

Мощность привода ролика, кВт [9]:

$$N_p = \frac{K \cdot M \cdot n}{9750 \cdot \eta}, \quad (2.18)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между роликами, принимается 1,2;

$\eta$  – к.п.д. привода.  $\eta = 75\%$ ;

$M$  – суммарный необходимый вращающий момент в период пуска, Н·м:

$$M = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}, \quad (2.19)$$

где  $M_{\text{ст}}$  – момент сопротивления перемещению транспортируемого материала по роликам и момент трения в подшипниковых узлах роликов, прямо (без редуцирования момента) соединенных с валом электродвигателя, Н·м;

$M_{\text{дин}}$  – суммарный момент на валу двигателя от сил инерции роликов и сил инерции поступательного движения материала, Н·м;

$$M_{\text{ст}} = 10[(m_p + m_{\text{гр.р}})K \frac{d}{2i} + m_{\text{гр.р}} f \frac{D}{2i}], \quad (2.20)$$

где  $m_p$  – масса ролика, кг;

$m_{\text{гр.р}}$  – масса материала, приходящаяся на один ролик, кг;

$f$  – коэффициент трения скольжения материала по роликам, принимается равным 0,5;

$D = 0,083 \text{ м}$  – наружный диаметр ролика;

$K$  – коэффициент трения в подшипниках качения, принимается равным 0,05;

$d = 0,02 \text{ м}$  – диаметр внутреннего кольца подшипника;

$i$  – передаточное число редуктора.

$$i = n_{\text{дв}} / n_p, \quad (2.21)$$

где  $n_{\text{дв}} = 750 \text{ мин}^{-1}$  – частота вращения вала электродвигателя;

$n_p$  – частота вращения ролика,  $\text{мин}^{-1}$ .

Получаем  $i = n_{\text{дв}} / n_p = 750/100 = 7,5$ .

$$M_{\text{дин}} = (I_p / i + I_{\text{пост}}) \varepsilon, \quad (2.22)$$

$I_p$  – момент инерции ролика (полый цилиндр), Н·м:

$$I_p = (m_p/g) (R^2 + r^2), \quad (2.23)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;

$R$  – наружный радиус ролика, м;

$r$  – внутренний радиус ролика, м;

$I_{\text{пост}}$  – момент инерции поступательного движения материала, приведенный к валу электродвигателя, Н·м.

$$I_{\text{пост}} = 10 \frac{m \cdot D^2}{4g}, \quad (2.24)$$

где  $mD^2$  – маховый момент поступательного движения массы, приведенный к валу двигателя, Н·м.

$$mD^2 = 365 \frac{m_{\text{гр.р}}}{n^2 \cdot \eta}. \quad (2.25)$$

Угловое ускорение вала электродвигателя в период пуска,  $\text{с}^{-2}$ ,

$$\varepsilon = \omega / \tau_n, \quad (2.26)$$

где  $\tau_n$  – время разгона инерционной системы «ролик-груз» до номинальной скорости, с, принимается равным 1 с;

$\omega$  – угловая скорость,  $\text{с}^{-1}$ ;

$$\omega = 2\pi n_{\text{дв}} / 60. \quad (2.27)$$

Расчет массы ролика.

Ролик сделан из стальной (сталь 12Х18Н10Т) трубы 80×4 мм длиной 2,4 м. Масса ролика будет рассчитана через объем трубы и плотности стали.

$$m_p = V_p \cdot \rho_{\text{ст}}. \quad (2.28)$$

где  $\rho_{\text{ст}} = 7670 \text{ кг/м}^3$  [10];

$$V_p = l \pi (R^2 - r^2), \quad (2.29)$$

где  $l = 2,4 \text{ м}$  – длина ролика;

$R = 0,0415 \text{ м}$  – наружный радиус ролика;

$r = 0,036$  м – внутренний радиус ролика.

$$V_p = 1 \pi (R^2 - r^2) = 2,4 \cdot 3,14 (0,0415^2 - 0,0365^2) = 0,00229 \text{ м}^3.$$

$$m_p = V_p \cdot \rho_{\text{ст}} = 0,00229 \cdot 7670 = 17,6 \text{ кг}.$$

Расчет массы материала, приходящейся на один ролик.

Эта масса будет равняться массе окатышей, постоянно находящихся на ролике.

Просеивание происходит равномерно, окатыши находятся на роликах в 1 слой [11]. Количество окатышей одного слоя вычислим, сопоставив площадь всех роликов и площадь, занимаемую окатышами.

Площадь роликов:

$$S_p = B \cdot L = 2,4 \cdot 4,38 = 10,51 \text{ м}^2. \quad (2.30)$$

Площадь одного окатыша в среднем:

$$S_{\text{ок}} = \pi \left( \frac{d_1 + d_2}{4000} \right)^2 = 3,14 \left( \frac{9+16}{4000} \right)^2 = 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Значит окатышей на роликах находится:

$$S_p / S_{\text{ок}} = 8 \cdot 10,51 / (1,23 \cdot 10^{-4}) = 85450 \text{ шт.}$$

$$\text{Масса этих окатышей: } m_{\text{ок}} = 85450 \cdot V_{\text{ок}} \cdot \rho_{\text{ок}}, \quad (2.31)$$

где  $V_{\text{ок}}$  – объем одного окатыша,  $\text{м}^3$ ;

$\rho_{\text{ок}} = 3000 \text{ кг/м}^3$  - плотность окатышей [12].

$$V_{\text{ок}} = 4/3 \pi \left( \frac{d_1 + d_2}{4000} \right)^3 = 4/3 \cdot 3,14 \left( \frac{9+16}{4000} \right)^3 = 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (2.32)$$

Получаем:

$$m_{\text{ок}} = 85450 \cdot V_{\text{ок}} \cdot \rho_{\text{ок}} = 85450 \cdot 1,02 \cdot 10^{-6} \cdot 3000 = 261,48 \text{ кг}.$$

Значит на один ролик приходится  $m_{\text{гр.р.}} = 261,48 / 50 = 5,23 \text{ кг}$  окатышей.

Получив необходимые данные, рассчитаем  $M_{\text{ст}}$ :

$$\begin{aligned} M_{\text{ст}} &= 10[(m_p + m_{\text{гр.р.}})K \frac{d}{2i} + m_{\text{гр.р.}} f \frac{D}{2i}] = \\ &= 10[(17,6 + 5,23) 0,05 \cdot \frac{0,02}{2 \cdot 7,5} + 5,23 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,083}{2 \cdot 7,5}] = 0,0155 \text{ Н·м}. \end{aligned}$$

Расчет  $M_{\text{дин}}$ .

$$I_p = (m_p/g) (R^2 + r^2) = (17,6 / 9,81) \cdot (0,0415^2 + 0,0365^2) = 0,0052 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$mD^2 = 365 \frac{m_{\text{гр.р}}}{n^2 \cdot \eta} = 365 \frac{5,23}{100^2 \cdot 0,75} = 0,0255 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$I_{\text{пост}} = 10 \frac{m \cdot D^2}{4g} = 10 \frac{0,0255}{4 \cdot 9,81} = 0,065 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$\omega = 2\pi n_{\text{дв}} / 60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 750 / 60 = 78,5 \text{ с}^{-1};$$

$$\varepsilon = \omega / \tau_n = 78,5 / 1 = 78,5 \text{ с}^{-2}.$$

$$M_{\text{дин}} = (I_p / i + I_{\text{пост}}) \varepsilon = (0,0052 / 7,5 + 0,065) 78,5 = 5,16 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Теперь можно посчитать  $M$ :

$$M = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}} = 0,0155 + 5,16 = 5,18 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Таким образом мощность привода ролика  $N_p$  с учетом того, что один привод обеспечивает вращение всех роликов:

$$N_p = 50 \cdot \frac{K \cdot M \cdot n}{9750 \cdot \eta} = 50 \cdot \frac{1,2 \cdot 5,18 \cdot 100}{9750 \cdot 0,75} = 4,165 \text{ кВт}.$$

Подбираем стандартный электродвигатель типа АИР 132М8 со стандартной мощностью 5,5 кВт и 750 об/мин [13].

## 2.1 Вывод по технологическому расчету

В ходе технологического расчета был рассчитан роликовый грохот с 50 роликами диаметром 80 мм и толщиной стенки 4 мм. Длина плоскости грохочения составила 4600 мм. Был выбран двигатель мощностью 5.5 кВт и 750 об/мин. Угол наклона грохота составил  $11^\circ$ .



### 3 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАЛА РОЛИКОВОГО ГРОХОТА

В данном разделе будет рассчитана сила давления цепи на вал, подобраны подшипники, а также будет рассчитан вал (ролик) грохота (рисунок 3) на виброустойчивость, прочность и жесткость в опасных сечениях.

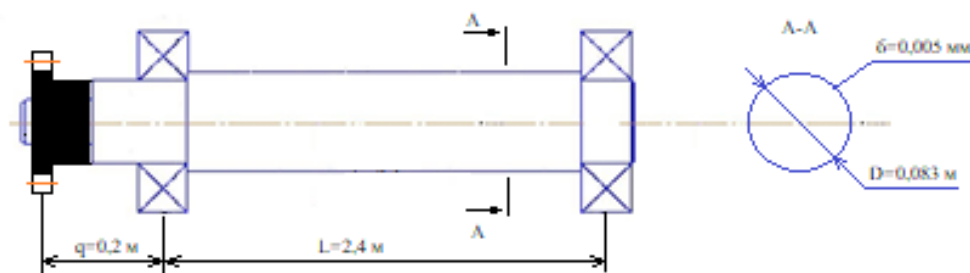


Рисунок 3 – Эскиз вала (ролика)

#### 3.1 Определение силы давления цепи на вал

$$F_{\text{оп}} = k_B F_1 + 2F_0, \quad (3.1)$$

где  $k_B$  – коэффициент нагрузки вала,  $k_B=1,15$ ;

$F_1$  – окружная сила, передаваемая цепью, Н:

$$F_1 = (P_1 \cdot 10^3) / v, \quad (3.2)$$

где  $P_1$  – мощность передачи, кВт:

$$P_1 = P_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{оп}} \cdot \eta_{\text{пк}}, \quad (3.3)$$

где  $P_{\text{дв}} = 4,2$  кВт – требуемая мощность двигателя;

$\eta_{\text{оп}} = 0,93$  – КПД открытой зубчатой передачи;

$\eta_{\text{пк}} = 0,99$  – потери в подшипниках качения;

$v$  – скорость цепи, м/с:

$$v = \frac{z_1 \cdot p \cdot n_1}{60 \cdot 10^3}, \quad (3.4)$$

где  $z_1 = 23$  – число зубьев ведущей звездочки (при  $n_1 \geq 750$  об/мин);

$n_1$  – число оборотов двигателя, об/мин;

$p = 12,7$  мм – шаг цепи (исходя из параметров цепи по табл. К32);

$F_0$  – предварительное натяжение цепи от написания ведомой ветви, Н:

$$F_0 = k_f q a g, \quad (3.5)$$

где  $k_f = 3$  для передач наклонных к горизонту под углом до  $40^\circ$ .

$q = 0,3$  кг/м – масса одного метра цепи;

$a = 0,0893$  м – межосевое расстояние (из технологического расчета);

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения.

Рассчитаем  $F_1$ .

$$P_1 = P_{дв} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{пк} = 4,3 \cdot 0,93 \cdot 0,99 = 3,96 \text{ кВт};$$

$$v = \frac{z_1 \cdot p \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} = \frac{23 \cdot 12,7 \cdot 750}{60 \cdot 10^3} = 3,65 \text{ м/с};$$

$$F_1 = (P_1 \cdot 10^3) / v = 3960 / 3,65 = 1085 \text{ Н}.$$

Рассчитаем  $F_0$ .

$$F_0 = k_f q a g = 3 \cdot 0,3 \cdot 0,0893 \cdot 9,81 = 0,788 \text{ Н}.$$

$$\text{Получаем } F_{оп} = 1,15 \cdot 1085 + 2 \cdot 0,788 = 1249 \text{ Н}.$$

Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов

Определение опорных реакций:

$$\Sigma M_A = 0.$$

$$F \cdot 0,2 - q \cdot 2,4 \cdot 1,2 - R_B \cdot 2,4 = 0$$

$$R_B = -q \cdot 2,4 \cdot 1,2 + F \cdot 0,2 = -22 \cdot 1,2 + 1250 \cdot 0,2 / 2,4 = 78 \text{ Н}.$$

$$\Sigma M_B = 0.$$

$$F \cdot (0,2 + 2,4) - R_A \cdot 2,4 + q \cdot 2,4 \cdot 1,2 = 0$$

$$R_A = 1380 \text{ Н}.$$

Проверка:  $\Sigma y = 0$

$$\Sigma y = -F + R_A - q \cdot 2,4 - R_B = -1250 + 1380 - 22 \cdot 2,4 - 78 = 0$$

Определение поперечных сил (по сечениям).

$$1) -F + Q_1 = 0. \quad Q_1 = 1250 \text{ Н};$$

$$2) -F \cdot 0,2 + Q_2 = 0. \quad Q_2 = 119 \text{ Н};$$

$$3) -Q_3 - q \cdot 2,4 - R_B = 0. \quad Q_3 = -131 \text{ Н};$$

$$4) -Q_4 - q \cdot 1,2 - R_B = 0. \quad Q_4 = -104 \text{ Н};$$

$$5) -Q_5 - R_B = 0. \quad Q_5 = -78 \text{ Н}.$$

Определение изгибающих моментов (по сечениям).

$$1) -M_1 + F \cdot 0 = 0. \quad M_1 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$2) -M_2 + F \cdot 0,2 = 0. \quad M_2 = 250 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$3) M_3 - q \cdot 2,4 \cdot 1,2 - R_B \cdot 2,4. \quad M_3 = 250 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$4) -q \cdot 1,2 \cdot 1 - R_B \cdot 1,2 + M_4. \quad M_4 = 120 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$5) M_5 - R_B \cdot 0 = 0. \quad M_5 = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

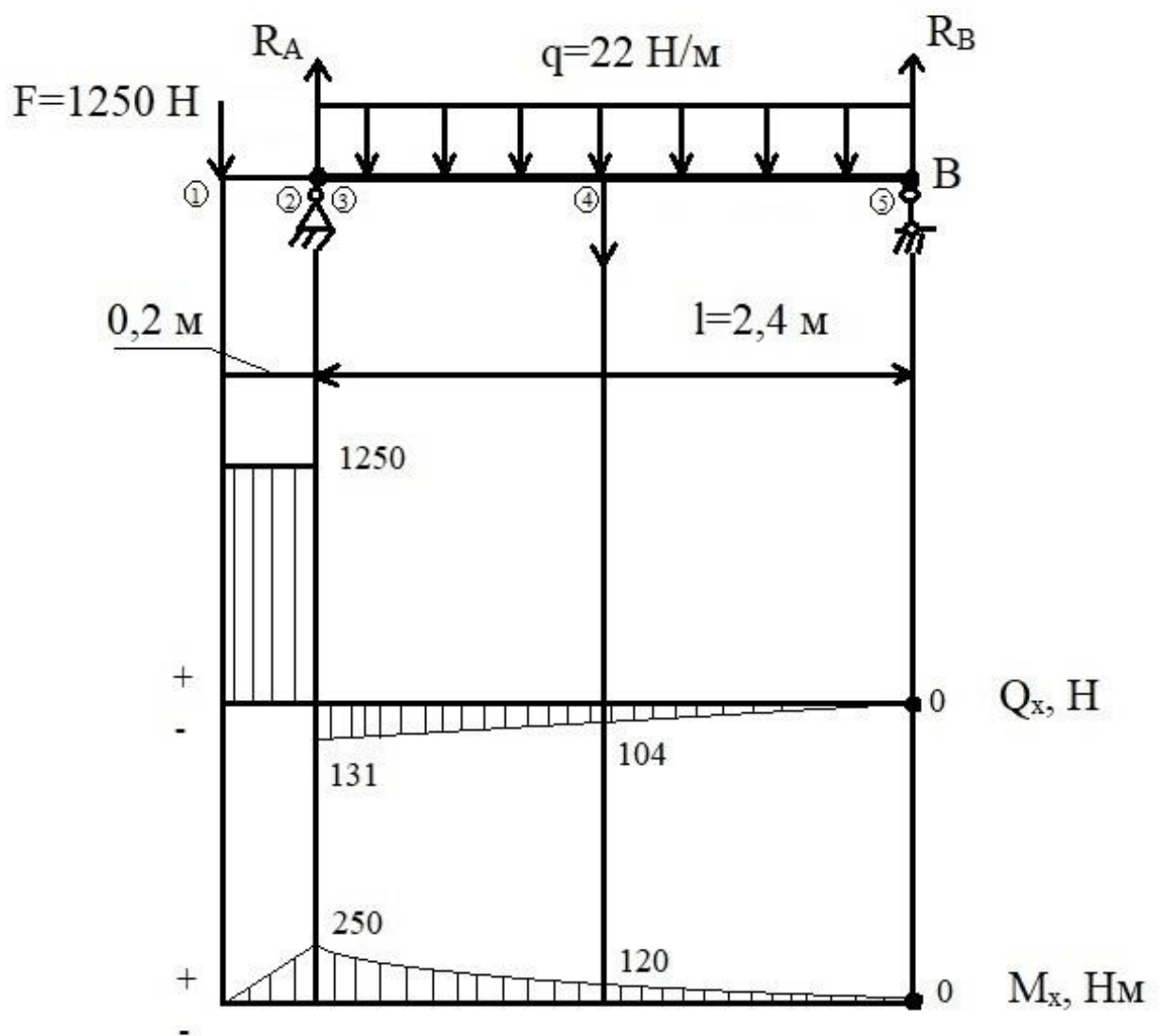


Рисунок 4 – Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов

### 3.2 Расчет и подбор подшипников

В этом подразделе будут рассчитаны опоры вала - подшипники качения.

Задача: подобрать подшипники качения для вала роликового грохота. Схема установки подшипников - враспор. Расчет будет производиться по наиболее нагруженной опоре.

Использованная литература: Курсовое проектирование деталей машин

[14, Задача 9]

Подбираем подшипники серии 108 со следующими исходными параметрами:

Диаметр установочных поверхностей	$d_y := 40$	мм
Диаметр наружного кольца	$D_y := 68$	мм
Ширина подшипника	$B := 15$	мм
Требуемый ресурс	$L_{10a} := 20000$	ч
Радикальные силы	$F_{a1} := 1380$	Н
	$F_{a2} := 78$	Н
Грузоподъемность	$C_r := 16800$	Н
	$C_{0r} := 9300$	Н
Частота вращения меньшего кольца подшипника	$n := 100$	об/мин

Определение пригодности подшипника сводится к сопоставлению расчетной динамической грузоподъемности  $C_{rp}$  с базовой  $C_r$  или базовой долговечности  $L_{10h}$  с требуемой  $L_h$ .

#### Расчет

Расчетная динамическая грузоподъемность  $C_{rp}$  и базовая долговечность  $L_{10h}$  определяются по формулам:

$$C_{rp} := R_E \cdot \left( 60 \cdot n \cdot \frac{L_h}{a_1 \cdot a_{23} \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{m}} \quad (3.6) \quad \text{и} \quad L_{10h} := a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left( \frac{C_r}{R_E} \right)^m \quad (3.7)$$

где для шариковых подшипников [14]:

- $a_1 := 1$  - коэффициент надежности
- $a_{23} := 0.7$  - коэффициент, учитывающий качество подшипника и качества его эксплуатации
- $m := 3$  - показатель степени
- $R_E := V \cdot R_r \cdot K_6 \cdot K_T$  - эквивалентная динамическая нагрузка, Н (3.8)
- где [14]:
- $V := 1$  - коэффициент вращения
- $K_T := 1$  - температурный коэффициент (равен 1 при температуре  $< 100^\circ\text{C}$ )
- $K_6 := 1.3$  - коэффициент безопасности (равен 1.3 при II характере нагрузки)
- $L_h := 25000 \text{ ч}$  - требуемая долговечность
- $R_r := F_{a1} = 1.38 \times 10^3 \text{ Н}$  - радиальная нагрузка подшипника (равна большей из рассчитанных)
- $R_a := 0 \text{ Н}$  - осевая сила в зацеплении
- $\epsilon := 0.19$  и  $Y := 2.3$  - коэффициенты

Получаем:

$$R_E := V \cdot R_r \cdot K_6 \cdot K_T = 1.794 \times 10^3 \text{ Н}$$

$$C_{rp} := R_E \cdot \left( 60 \cdot n \cdot \frac{L_h}{a_1 \cdot a_{23} \cdot 10^6} \right)^{\frac{1}{m}} = 1.074 \times 10^4 \text{ Н}$$

$$L_{10h} := a_1 \cdot a_{23} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left( \frac{C_r}{R_E} \right)^m = 9.581 \times 10^4 \text{ Н}$$

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Условие пригодности выполняется."} & \text{if } \begin{cases} C_{rp} \leq C_r \\ L_h \leq L_{10h} \end{cases} \\ \text{"Условие пригодности не выполняется."} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov = "Условие пригодности выполняется."

Вывод: условия пригодности подшипников выполняются.

### 3.3 Расчет вала на виброустойчивость, жесткость, прочность

Задача.

Рассчитать полый горизонтальный вал роликового грохота, испытывающий нагрузку от массы железнорудных окатышей. Рассчитать вал на вибростойкость, жесткость и прочность в опасных сечениях по РДРТМ 26-01-72-82.

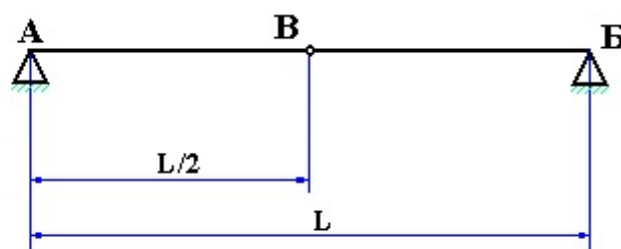


Рисунок 5 - Расчетная схема

Исходные данные

Плотность среды (воздух), кг/м <sup>3</sup>	$\rho = 1$	кг/м <sup>3</sup>
Вязкость среды (воздух)	$\mu = 1,8 \cdot 10^{-5}$	Па·с
Материал вала: Сталь 12Х18Н10Т		
Плотность материала вала	$\rho_B = 7,67 \cdot 10^3$	кг/м <sup>3</sup>
Модуль продольной упругости материала вала	$E = 2 \cdot 10^{11}$	Па
Наружный диаметр вала	$D = 0,083$	м
Внутренний диаметр вала	$d = 0,073$	м
Длина вала	$L = 2,4$	м
Частота вращения вала $n$ :	$n = 100$	об/мин
Мощность, потребляемая валом:	$N = 5500$	Вт
Масса груза: (рассчитана в технологическом расчете)	$m_{L1} = 5$	кг

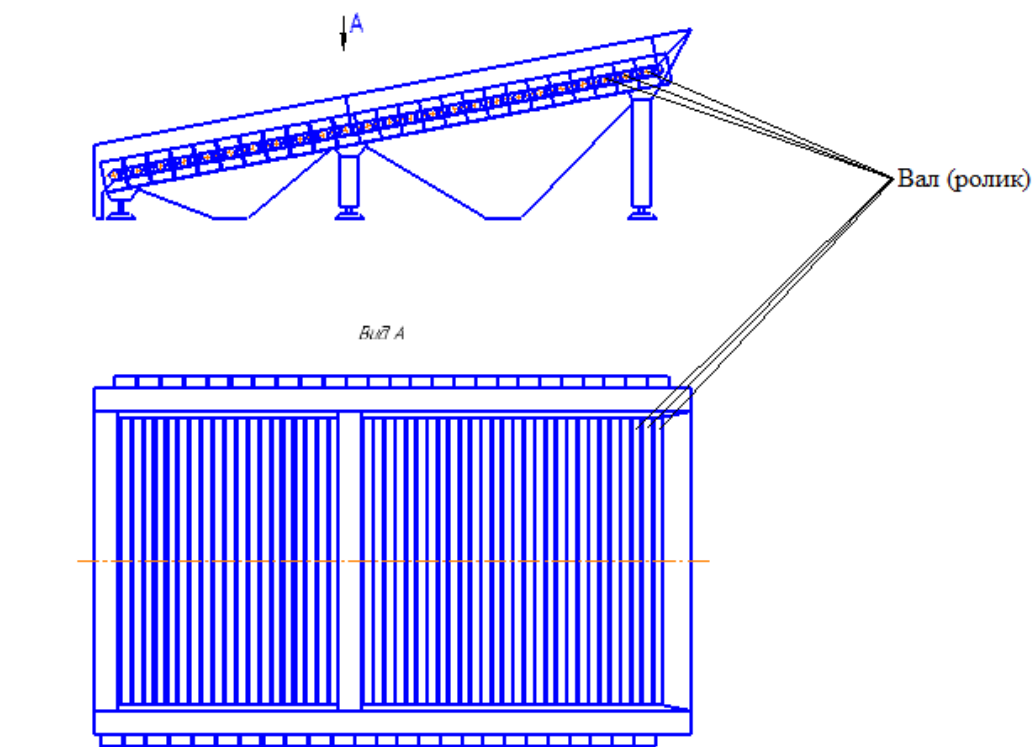


Рисунок 6 - Чертеж роликового грохота с вращающимися валами (роликами)

### Решение

Определение параметров вала необходимых для расчета

Параметры для расчета вала:

$$z_{1_1} := \frac{L}{2} = 1.2 \quad \text{м} \quad - \text{середина вала}$$

Координата центра масс детали, м:

$$l_{1_1} := 1.2 \quad \text{м}$$

Опасное сечение по жесткости для данного вала находится в середине вала, так как там максимальные изгибающие моменты.

Координаты опасных по жесткости сечений, м:

Середина вала:  $z_{11} := \frac{L}{2} = 1.2$

Сальниковое уплотнение:  $z_1 := 0.2$

Координаты опасных по прочности сечений, м:

Места установки подшипников:  $z_{12} := 0.3$

$$z_{13} := 2.4$$

Место наиболее ослабленного сечения вала (середина вала), м  $l_{11} := 1.2$

### 3.4 Расчет вала на виброустойчивость

Целью данного подраздела является выполнение условия виброустойчивости, при котором собственная частота вращения вала ниже критической.

Относительная длина пролета:  $L_1 := \frac{L}{L} \quad L_1 = 1 \quad (3.9)$

Относительная координата центра масс детали:

$$l_{11} := \frac{l_1}{L} \quad l_{11} = 0.5 \quad (3.10)$$

Угловая скорость вала, рад./с:  $\omega := \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \omega = 10.472 \quad (3.11)$

Безразмерный динамический прогиб вала в центре массы детали:

$$Y_{l1} := (1 - L_1) \cdot l_{11} + \frac{3}{2} \cdot L_1 \cdot (l_{11})^2 - \frac{1}{2} \cdot L_1 \cdot (l_{11})^3 \quad (3.12)$$

$$Y_{l1} = 0.313$$

Приведенная масса детали, кг:

$$m_{\delta 1} := m_{l1} \cdot (Y_{l1})^2 \quad m_{\delta 1} = 0.488 \quad (3.13)$$

Суммарная приведенная масса деталей, кг:

$$n_{\delta} := 1 \quad m_{\delta} := \sum_{i=1}^{n_{\delta}} m_{\delta i} \quad m_{\delta} = 0.488 \quad (3.14)$$



Безразмерный коэффициент:

$$f := \frac{8 \cdot \rho_B \cdot \omega^2 \cdot L^2}{3 \cdot E \cdot L_1} \quad f = 6.46 \times 10^{-5} \quad (3.15)$$

Линейная масса вала, кг/м:

$$m_B := \frac{\pi}{4} \cdot (D - d)^2 \cdot \rho_B \quad m_B = 0.386 \quad (3.16)$$

Относительная суммарная масса детали:

$$m_{пр} := \frac{m_{пр}}{m_B \cdot L} \quad m_{пр} = 0.528 \quad (3.17)$$

Безразмерная критическая угловая скорость вала:

$$\omega_1 := \sqrt{\frac{3}{L_1^2 \cdot (m_{пр})}} \quad \omega_1 = 2.384 \quad (3.18)$$

Первая критическая угловая скорость вала, рад./с:

$$\omega_1 := \frac{\omega_1 \cdot D}{4 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho \hat{a}}} \quad \omega_1 = 42.275 \quad (3.19)$$

Условие виброустойчивости [16]:

Для жестких валов:  $\frac{\omega}{\omega_1} < 0.7$

$$\frac{\omega}{\omega_1} = 0.248$$

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Условие виброустойчивости выполняется."} & \text{if } \frac{\omega}{\omega_1} < 0.7 \\ \text{"Условие виброустойчивости не выполняется."} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov = "Условие виброустойчивости выполняется."

Вывод: условие виброустойчивости для жестких валов выполняется.

### 3.5 Расчет вала на жесткость

Целью данного подраздела является расчет смещений вала в опасных по жесткости сечениях и сравнение их с критическими.

Координаты опасных по жесткости сечений, м:

Середина вала:  $z_{1_1} := \frac{L}{2} = 1.2$

Расчет валов по условиям жесткости сводится к определению и ограничению динамических смещений вала в опасных по жесткости сечениях (в местах установки уплотнительных устройств, в небольших зазорах между вращающимися и неподвижными деталями).

Эксцентриситет массы детали, м [2]:

$$e := \frac{10^{-3}}{\sqrt{\omega}} \quad e = 3.09 \times 10^{-4} \quad (3.20)$$

Относительная координата опасного по жесткости сечения:

$$z_{1_1} := z_{1_1} = 1.2 \quad \text{м}$$

Безразмерный динамический прогиб вала в опасном по жесткости сечении [15]:

$$Y_{z1_1} := (1 - L_{1_1}) \cdot z_{1_1} + \frac{3}{2} \cdot L_{1_1} \cdot (z_{1_1})^2 - \frac{1}{2} \cdot L_{1_1} \cdot (z_{1_1})^3 \quad (3.21)$$

$$Y_{z1_1} = 1.296$$

Приведенный эксцентриситет массы детали, м:

$$e_{pr1_1} := \frac{e}{Y_{11_1}} \quad e_{pr1_1} = 9.889 \times 10^{-4} \quad (3.22)$$

Приведенная масса вала, кг:  $m_{впр} := m_{в} \cdot L \quad (3.23)$

$$m_{впр} = 0.925$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет зазора в опорах в опасном по жесткости сечении, м:

$$\Delta \ddot{A} := 1.3 \cdot 10^{-5} \quad \Delta \dot{A} := 3.3 \cdot 10^{-5} \quad (3.24)$$

где DA и DB - высота радиальных зазоров в опорах, м (по справочным данным).

$$\Delta z_{1_1} := \frac{(\Delta \ddot{A} + \Delta \dot{A}) \cdot (z_1 + L)}{L} - \Delta \ddot{A} \quad \Delta z_{1_1} = 3.3 \times 10^{-5} \quad (3.25)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет начальной изогнутости вала в опасном по жесткости сечении, м [17]:

$$\epsilon_B := 0.06 \cdot 10^{-3}$$

где  $\epsilon_B$  - начальная изогнутость вала в точке приведения В, м (по справочным данным).

$$\epsilon_{z1_1} := \epsilon_B \cdot Y_{z1_1} \quad \epsilon_{z1_1} = 7.776 \times 10^{-5} \quad (3.26)$$

Смещение оси вала от оси вращения в точке приведения В за счет зазоров в опорах, м:

$$\Delta B := (\Delta A + \Delta B) \cdot \frac{L}{L} + \Delta B \quad \Delta B = 7.9 \times 10^{-5} \quad (3.27)$$

Комплексы:  $B1 := 0$

$$B2, \text{ м} \quad B2 := \frac{\sum_{i=1}^{n1д} (m_{пр1_i} \cdot e_{пр1_i})}{m_{пр} + m_{впр}} \quad B2 = 3.416 \times 10^{-4} \quad (3.28)$$

Приведенный эксцентриситет массы вала с грузом, м:

$$e_{пр} := B1 + B2 + \Delta B + \epsilon_B \quad e_{пр} = 4.806 \times 10^{-4} \quad (3.29)$$

Динамический прогиб оси вала в точке приведения В, м

$$Y_B := \frac{e_{пр}}{\left(\frac{\omega_1}{\omega}\right)^2 - 1} \quad Y_B = 3.142 \times 10^{-5} \quad (3.30)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет динамического прогиба в опасном по жесткости сечении, м

$$Y_{z1_1} := Y_B \cdot Y_{z1_1} \quad Y_{z1_1} = 4.071 \times 10^{-5} \quad (3.31)$$

Динамическое смещение вала в опасном по жесткости сечении, м:

$$A_{z1} := Y_{z1_1} + \Delta z_{1_1} + \epsilon_{z1_1} \quad A_{z1} = 1.515 \times 10^{-4} \quad (3.32)$$

Условие жесткости:

где  $A_{z\_доп}$  - допускаемые смещения вала в опасных по жесткости сечениях, м (по справочным данным, [16]).

Сечение расположения середины вала:

$$A_{z\_доп} := 7.2 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Условие жесткости выполняется."} & \text{if } (Az1) < Az_{\text{доп}} \\ \text{"Условие жесткости не выполняется."} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Prov = "Условие жесткости выполняется."

Вывод: Для того чтобы условие жесткости выполнялось успешно, необходимо было увеличить толщину стенки трубы на 1 мм. Таким образом, получаем трубу 80\*5 мм.

### 3.6 Расчет вала на прочность

Расчет вала по условиям прочности предусматривает определение эквивалентных напряжений вала в опасных по прочности сечениях (в местах с наибольшими изгибающими и крутящими моментами, в местах с концентраторами напряжений)

Координаты опасных по прочности сечений, м:

Подшипники:  $l_1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 2.4 \end{pmatrix}$

Смещение оси вала от оси вращения за счет зазоров в опорах, м [15]:

$$\Delta l_1 := \frac{(\Delta A + \Delta B) \cdot (l_1 + L)}{L} - \Delta A \quad \Delta l_1 = \begin{pmatrix} 3.3 \times 10^{-5} \\ 7.9 \times 10^{-5} \end{pmatrix} \quad (3.33)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет начальной изогнутости, м:

$$\varepsilon l_1 := \varepsilon_B \cdot Y_{l_1} \quad \varepsilon l_1 = 1.875 \times 10^{-5} \quad (3.34)$$

Смещение оси вала от оси вращения за счет динамического прогиба, м:

$$Y l_1 := Y_B \cdot Y_{l_1} \quad Y l_1 = 9.817 \times 10^{-6} \quad (3.35)$$

Динамическое смещение центра массы детали, м:

в пролете:  $A l_1 := Y l_1 + \Delta l_1 + \varepsilon l_1 + \varepsilon_{\text{пр}} l_1 \quad A l_1 = \begin{pmatrix} 1.05 \times 10^{-3} \\ 1.096 \times 10^{-3} \end{pmatrix} \quad (3.36)$

Динамическое смещение вала в точке приведения В, м:

$$A_B := Y_B + \Delta B + \varepsilon_B \quad A_B = 1.704 \times 10^{-4}$$

Сосредоточенная центробежная сила, действующая на деталь, Н:

$$\beta := 1 \quad F_{1_1} := \beta \cdot m_{1_1} \cdot \omega^2 \cdot A l_{1_1} \quad F_{1_1} = \begin{pmatrix} 0.576 \\ 0.601 \end{pmatrix} \quad (3.38)$$

где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий режим нагрузки, рекомендуется принимать:

- 1 - спокойная работа;
- 1.5 - умеренные толчки;
- 3 - значительные толчки.

Приведенная центробежная сила, действующая на вал в точке приведения В, Н:

$$F_{впр} := \beta \cdot m_{впр} \cdot \omega^2 \cdot A_v \quad F_{впр} = 0.017 \quad (3.39)$$

Комплексы [15]:

$$B_{1, H^*M} \quad B_1 := 0 \quad B_{2, H^*M} \quad B_2 := \sum_{i=1}^{n_{1д}} (F_{1_i} \cdot l_{1_i}) \quad B_2 = 1.443 \quad (3.40)$$

Реакция опоры А, Н:

$$R_A := \frac{1}{L} \cdot (\hat{A}_1 + \hat{A}_2 + F_{впр} \cdot L) \quad R_A = 0.618 \quad (3.41)$$

Комплексы:

$$B_{3, H^*M} \quad B_3 := 0$$

$$B_{4, H^*M} \quad B_4 := \sum_{i=1}^{n_{1д}} [F_{1_i} \cdot (L + l_{1_i})] \quad (3.42)$$

Реакция опоры Б, Н:

$$R_B := \frac{1}{L} \cdot (B_4 - B_3 + F_{впр} \cdot L) \quad R_B = 1.796 \quad (3.43)$$

Изгибающий момент в опасном по прочности сечении, Н\*м:

$$\text{в пролете:} \quad M_{и_1} := (R_A \cdot z_{12}) \quad M_{и_1} = 0.186 \quad (3.44)$$

Крутящий момент в опасном по прочности сечении, Н\*м:

$$\text{в пролете:} \quad M_{к_1} := \frac{N}{\omega} \quad M_{к_1} = 525.211 \quad (3.45)$$

Момент сопротивления в опасном по прочности сечении, м<sup>3</sup>:

$$\text{в пролете: } w_1 := \frac{\pi}{32} \cdot (d)^3 \quad w_1 = 3.664 \times 10^{-5} \quad (3.46)$$

Эквивалентное напряжение в опасном по прочности сечении, Па [15]:

$$\text{в пролете: } \sigma_{\text{ЭКВ}_1} := \frac{\sqrt{(M_{H1})^2 + (M_{K1})^2}}{w_1} \quad \sigma_{\text{ЭКВ}_1} = 1.433 \times 10^7 \quad (3.47)$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}_{11}} := 1.775 \times 10^7 \quad \text{Па}$$

Запас прочности:

$$\sigma_B := 590 \cdot 10^6 \quad \text{Па} \quad \sigma_{-1} := 245 \cdot 10^6 \quad \text{Па} \quad (3.48)$$

$$\text{в пролете: } K_\sigma := 1.33 \quad K_3 := 1.7$$

где  $\sigma_{-1}$  - предел выносливости материала при симметричном цикле, Па;

$\sigma_B$  - предел прочности материала вала, Па

$K_s$  - эффективный коэффициент концентрации напряжений;

$K_d$  - коэффициент влияния абсолютных размеров поперечного сечения.

По справочным данным.

$$K_M := 1.04 - 0.0063d + 3.9 \cdot 10^{-5} \cdot d^2 = 1.04$$

$$\sigma_{\text{доп}} := \frac{\sigma_{-1} \cdot K_M}{K_\sigma \cdot K_3} = 1.126 \times 10^8 \quad \text{Па}$$

$$\text{Prov} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется."} & \text{if } \sigma_{\text{ЭКВ}_{11}} < \sigma_{\text{доп}} \\ \text{"Условие прочности не выполняется."} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov} = \text{"Условие прочности выполняется."}$$

Вывод: условие прочности выполняется успешно.

### 3.6 Вывод по механическому расчету

В результате проведения данной работы был рассчитан полый однопролетный вал ( $d=80*5$  мм). Толщина стенки была увеличена на 1 мм.

Рассчитан вал на виброустойчивость, жесткость и прочность в опасных сечениях. Все условия выполняются успешно.

#### 4 РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ

В результате разработки был спроектирован роликовый грохот для отсева сырых железнорудных окатышей перед загрузкой их в обжиговую машину.

Грохот получился со следующими параметрами:

длина 4600 мм;

высота плоскости грохочения 886 мм;

Параметры роликов (50 штук):

длина 2400 мм;

диаметр 80 мм;

толщина стенки 4 мм;

частота вращения 100 об/мин;

Максимальная сила, действующая на вал в месте установки подшипника равна 1380 Н.

Вал был проверен на следующие условия: условие виброустойчивости ( $\omega/\omega_1$ , рад/с  $< 0,7$ ), условие жесткости ( $A_{z1} < A_{z\text{доп}}$ , м), условие прочности ( $\sigma_{\text{экв}} < \sigma_{\text{доп}}$ ), все условия выполняются успешно.

Был выбран асинхронный двигатель с мощностью 5,5 кВт и 750 об/мин.

Грохот рассчитан на производительность по питанию в 100 т/ч.

## 5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе необходимо определить ценность разработки, ее финансовую привлекательность. Предмет разработки может быть очень удачно спроектирован, он может быть необходим и очень полезен для потенциального пользователя, но приходится учитывать, ставить на первый план, коммерческую ценность продукта. В данное время она является лучшим мерилom ценности.

Разработчики должны понимать, что чем ценнее будет продукт, тем легче будет найти инвесторов и в дальнейшем покупателей и тем выгоднее будет работа над проектом, выгоднее для всех.

Но коммерческая привлекательность не строится только на улучшенных качествах по сравнению с предыдущими разработками и выгодной стоимостью, разработчикам стоит найти ответы на такие вопросы: будет ли востребован продукт на рынке, каков будет бюджет проекта, сколько времени займет его разработка и т.д.

Оценка такого рода может помочь разработчику найти подходящего партнера для проведения исследований и в дальнейшем коммерциализировать результаты и даже открыть собственный бизнес.

Целью данного раздела является определение успешности и перспективности научно-исследовательского проекта. Для этого необходимо решить следующие задачи [18]:

- проанализировать конкурентные технические решения;
- сформировать план и график разработки и внедрения
- составить бюджет проекта
- оценить ресурсную, финансовую, бюджетную эффективности.



## 5.1 Анализ конкурентных технических решений

Реализовать процесс грохочения можно при помощи двух основных вариантов, это роликовый грохот и ситчатый грохот. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки, в данном подразделе необходимо составить оценочную карту (таблица ) для анализа и сравнения двух конкурентных конструктивных и технологических решений.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений [18]

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Роликовый	Ситчатый	Роликовый	Ситчатый
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Возможность внедрения устройства в единую систему автоматики	0,1	5	5	0,5	0,5
Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	0,4	0,3
Стабильность срабатывания	0,1	5	2	0,5	0,2
Время холостого хода при пуске	0,1	2	3	0,2	0,3
Простота конструкции и ремонтпригодность	0,12	5	2	0,6	0,24
Компактность	0,13	4	2	0,52	0,26
Безопасность	0,13	5	1	0,65	0,13
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
Цена	0,1	3	4	0,3	0,4
Затраты на ремонт	0,07	3	3	0,21	0,21
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	3	0,25	0,15
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>41</b>	<b>28</b>	<b>4,13</b>	<b>2,69</b>

Расчет конкурентоспособности, на примере удобства в эксплуатации, определяется по формуле [18]:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 4 = 0,4, \quad (5.1)$$

где  $K$  - конкурентоспособность проекта;  $B_i$  - вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл показателя.

Ситчатый грохот имеет свои достоинства перед роликовым, такие как компактность, меньшее время холостого хода перед насыпанием окатышей. Но имеет также и недостатки, например, более затратный ремонт, не такие прочные сита, по сравнению с роликами.

Как видно по таблице ситчатый грохот уступает по конкурентоспособности роликовому грохоту.

## 5.2 SWOT–анализ

Это метод стратегического планирования, который заключается в оценке слабых и сильных сторон проекта (таблица 4). Чтобы произвести SWOT – анализ нужно расчертить матрицу из 4 секторов, каждый из которых соответствует буквам в аббревиатуре [19]:

- S – Strengths (преимущества, сильные стороны);
- W – Weaknesses (недостатки, слабые стороны);
- O – Opportunities (возможности);
- Y – Threats (угрозы).

S и W – внутренняя среда, O и T – внешняя среда.

Таблица 4 – SWOT-матрица

	Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
<p>Возможности (O):</p> <p>O1. Увеличение числа аварий, связанных с техническим состоянием;</p> <p>O2. Старение эксплуатируемого оборудования и постепенная его замена на новое;</p> <p>O3. Требования к увеличению надёжности;</p>	<p>S1. Техническая простота осуществления метода;</p> <p>S2. Возможность обнаружения механических повреждений;</p> <p>S3. Возможность мониторинга в режиме реального времени;</p> <p>S4. Высокая чувствительность метода;</p>	<p>W1. Отсутствие выработанной методики по определению конкретного вида повреждения (электрического или механического);</p> <p>W2. Отсутствие бизнес-плана коммерциализации;</p> <p>W3. Не проработаны вопросы выхода на рынок;</p>

Продолжение таблицы 4.

Угрозы (Т): Т1. Незаинтересованность крупных энергокомпаний; Т2. Отсутствие заинтересованных инвесторов проекта; Т3. Отсутствие спроса на технологию;	О1О2О3S2S4 – использовать технологии для диагностики имеющегося на предприятиях оборудования с целью увеличения надёжности и снижении аварийности энергосистем; О3S4S3S4 – использовать технологии для диагностики нового или производимого оборудования для улучшения качества выпускаемой продукции;	О1О2W1 – проработать методику определения конкретного вида повреждения;
--	---	---

### 5.3 Планирование научно - исследовательских работ

В этом подразделе будет рассмотрена структура производимых работ в рамках проекта, их трудоемкость. Будет разработан график проведения исследования.

#### 5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Комплекс предполагаемых работ включает в себя следующие задачи:

- определить структуру работ в рамках исследования;
- определить участников работы;
- установить продолжительность работ;
- построить график проведения отдельных этапов исследования.

Для выполнения данного исследования (проекта) необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и инженер. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 5.

Таблица 5 – Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Разработка технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель
Теоретические исследования	5	Анализ возможных вариантов исполнения устройства и компьютерное моделирование	Инженер
	6	Разработка грохота в соответствии с выбранным исполнением и проведение испытаний	
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
			Инженер
Проведение экспериментов	8	Многократное тестирование и отладка разработанного грохота	Инженер
	9	Оценка работы программы	Руководитель Инженер
Составление документации	10	Разработка принципиальной схемы	Инженер
	11	Составление пояснительной записки	Инженер

### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Значительная часть стоимости разработки проекта образуют трудовые затраты. Поэтому очень важно определить трудоемкость работ каждого участника проекта.

Величину трудоемкости довольно трудно определить, потому что она носит вероятностный характер и зависит от многих факторов, которые не учесть напрямую. Но несмотря на это, ее можно определить в «человеко-днях».

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости  $t_{ожі}$  определяется по формуле [18]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (5.2)$$

где  $t_{mini}$  – минимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является оптимистичной оценкой: при удачном стечении обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{maxi}$  – максимально возможное время выполнения поставленной задачи исполнителем (является пессимистичной оценкой: при неудачном стечении обстоятельств, чел.-дн.

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$  [18]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.3)$$

где  $Ч_i$  – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

По всем работам результаты расчета продолжительности в рабочих днях представлены в таблице 4.

### 5.3.3 Разработка графика проведения исследования

Диаграмма Ганта является наиболее удобным и наглядным способом представления графика проведения работ.

Диаграмма Ганта представляет собой отрезки, размещенные на горизонтальной шкале времени. Каждый отрезок соответствует отдельной задаче или подзадаче. Начало, конец и длина отрезка на шкале времени соответствуют началу, концу и длительности задачи.

Для построения графика Ганта, следует, длительность каждой из выполняемых работ из рабочих дней перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой, для каждого исполнителя расчеты производятся индивидуально [18]:

$$T_{ki.рук} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.4)$$

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.5)$$

где  $k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле [18]:

$$k_{\text{кал.рук}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.6)$$

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.7)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – общее количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – общее количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – общее количество праздничных дней в году.

1) Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи 1 «Разработка технического задания» [18]:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{maxi}}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ чел-дн.},$$

$$T_{\text{рі}} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ раб. дн.}$$

Расчет календарного коэффициента для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$k_{\text{кал.инж}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66 - 14} = 1,28.$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы руководителем, на примере задачи 1 «Разработка технического задания»:

$$T_{\text{кі.инж}} = T_{\text{рі}} \cdot k_{\text{кал.инж}} = 2,8 \cdot 1,28 = 3,58 \approx 4 \text{ кал. дня.}$$

2) Расчет трудоемкости и продолжительности работ, на примере задачи 2 «Выбор направления исследований» [18]:

$$t_{\text{ожі}} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{maxi}}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8 \text{ чел-дн.},$$

$$T_{\text{рі}} = \frac{t_{\text{ожі}}}{\text{Ч}_i} = \frac{4,8}{2} = 2,4 \text{ раб. дн.}$$

Расчет календарного коэффициента для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$k_{\text{кал.рук}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы руководителем, на примере задачи 2 «Выбор направления исследований»:

$$T_{\text{кі.рук}} = T_{\text{рі}} \cdot k_{\text{кал.рук}} = 2,4 \cdot 1,48 = 3,55 \approx 4 \text{ кал. дня.}$$

Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 6.

Таблица 6 – Временные показатели проектирования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительно сть работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительно сть работ в календарн ых днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожi}$ , чел-дни					
	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер	Руководи тель	Инженер
1. Разработка технического задания	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
2. Выбор направления исследований	3	4	5	6	3,8	4,8	1,9	2,4	3	4
3. Подбор и изучение материалов по теме	-	6	-	9	-	7,2	-	7,2	-	11
4. Календарное планирование работ по проекту	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
5. Анализ возможных вариантов исполнения устройства и компьютерное моделирование	-	4	-	7	-	5,2	-	5,2	-	8
6. Разработка грохота в соответствии с выбранным исполнением и проведение испытаний	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7
7. Оценка эффективности полученных результатов	1	2	3	5	1,8	3,2	0,9	1,6	1	3
8. Многократное тестирование и отладка разработанного грохота	-	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7
9. Оценка работы программы	2	3	3	5	2,4	3,8	1,2	1,9	2	3
10. Разработка принципиальной схемы	-	3	-	4	-	3,4	-	3,4	-	5
11. Составление пояснительной записки	-	5	-	6	-	5,4	-	5,4	-	8
Итого длительность работ:							9	37	13	56

Далее рассчитываем и сводим в таблицу временные показатели проектирования.

На основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта (рисунок 7).



Рисунок 7 – Диаграмма Ганта

Таблица 7 – Количество календарных дней каждого исполнителя

	Количество дней
Инженер	56
Руководитель	13
Итого	69

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. А также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей (таблица 7).

#### 5.4 Бюджет научного исследования

В данном подразделе необходимо учесть все виды планируемых расходов, необходимых для выполнения научного проекта. Планируемы



затраты формируются по следующим статьям: сырье и материалы; специальное оборудование; основная и дополнительная заработные платы исполнителей проекта, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы.

#### 5.4.1 Затраты на сырье и материалы для роликового грохота

В данную статью бюджета необходимо включить стоимость всех материалов, которые будут необходимы при разработке проекта. Это и сырье, и покупные материалы, а также комплектующие изделия и полуфабрикаты. Помимо вышеуказанных расходов необходимо также включить затраты на канцелярские принадлежности, материалы для печати документов. Все перечисленные виды затрат внесены в таблицу 8.

Значения цен на материальные ресурсы установлены с по данным из сети Интернет с расчетом на приобретение в городе Иркутске и на территории Сибирского федерального округа.

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Шлам для окомкования		0	0
Рама	1	8000	8000
Короб	1	4000	4000
Дражный коврик	1	1100	1100
Ролики	6	1300	7800
Шкив натяжной	6	600	3600
Подшипники	12	200	2400
Кожух	2	500	1000
Привод	3	3000	9000
Канцелярские расходы	4	250	1000
Итого, руб			37900

Стоимость шлама составила 0 рублей, т.к. ее необходимые объемы есть у научного руководителя в отделении НОЦ Н.М, Кижнера.

#### 5.4.2 Специальное оборудование для экспериментальных работ

В данный подраздел включено оборудование (таблица 9) для проведения экспериментальных работ для получения необходимых компонентов и результатов.

Таблица 9 – Специальное оборудование для экспериментальных работ

Наименование	Количество	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Вибрационный стол	1	0	0
Весы аналитические	1	0	0
Пресс	1	0	0

Стоимость специального оборудования составила 0 рублей, т.к. ее необходимые объемы есть у научного руководителя в отделении НОЦ Н.М, Кижнера.

В итоге, общие затраты на опытный образец составили 37900 рублей.

#### 5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью расходов включена основная заработная плата руководителя проекта и инженера (таблица 10). Данные о зарплате взяты из сети Интернет в соответствии с должностями исполнителей проекта и действующей системой окладов г. Томска.

Основная заработная плата  $Z_{\text{осн}}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле [18]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (5.8)$$

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [18]:

- Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{43500 \cdot 10,3}{246} = 1821,3 \text{ руб}; \quad (5.9)$$

- Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{25500 \cdot 11,2}{213} = 1340,9 \text{ руб.},$$

где  $З_{\text{м}}$  – должностной оклад работника за месяц;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (таблица 10);  $М$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 28 раб. дня –  $М = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней –  $М = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Должностной оклад работника за месяц [18]:

- для руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 29000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) 1,3 = 56550 \text{ руб.}; \quad (5.10)$$

- для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (5.11)$$

где  $З_{\text{тс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 10 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ выходные дни;</li> <li>▪ праздничные дни.</li> </ul>	52/14	104/14
Потери рабочего времени: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ отпуск;</li> <li>▪ невыходы по болезни.</li> </ul>	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы исполнителей проекта

Исполнители НИ	$З_{\text{тс}}$ , руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$ , руб	$З_{\text{дн}}$ , руб	$T_{\text{р}}$ , раб.дн.	$З_{\text{осн}}$ , руб
Руководитель	29000	0,3	0,2	1,3	56550	1821,3	9	16391,7
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1340,9	37	49613,3
Итого:								66005

#### 5.4.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает в себя выплаты стимулирующего и компенсационного характера. Она рассчитывается по формуле [18]:

- для руководителя:  $Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 16391,7 = 2458,8 \text{ руб}; \quad (5.12)$

- для инженера:  $Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 49613,3 = 7442 \text{ руб}, \quad (5.13)$

где  $k_{\text{доп}}$  - коэффициент дополнительной заработной платы 0,15 (для стадии проектирования).

#### 5.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

К внебюджетным фондам относятся: пенсионный фонд РФ, фонд социального страхования РФ, фонд обязательного медицинского страхования РФ. Тариф взносов в эти фонды составляют 30%.

Таким образом сумма отчислений во внебюджетные фонды:

- для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 (16391,7 + 2458,8) = 5655,2 \text{ руб}; \quad (5.14)$$

- для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 (49613,3 + 7442) = 17116,6 \text{ руб}. \quad (5.15)$$

#### 5.4.6 Накладные расходы

К накладным расходам относятся затраты не относящиеся напрямую к основному производству, например, затраты на канцелярию, связь, обслуживание исполнителей. Обычно они берутся в размере 20% от всех статей расходов.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= 0,2 (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) = \\ &= 0,2 (37900 + 66005 + 2458,8 + 7442 + 5655,2 + 17116,6) = 27315,5 \text{ руб}. \end{aligned} \quad (5.16)$$

На основании данных, полученных в ходе расчета бюджета научного исследования, составим таблицу, включающую все статьи расходов, и вычислим итоговую бюджетную стоимость проекта.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	37900	Пункт 7.4.1
3. Затраты по основной з/п исполнителей	66005	Пункт 7.4.3
4. Затраты по дополнительной з/п исполнителей	9900,8	Пункт 7.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	22771,8	Пункт 7.4.5
6. Накладные расходы	27315,5	Пункт 7.4.6
Бюджет затрат НТИ	163893,1	Сумма ст. 1-6

### 5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования (таблица 12). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

#### 5.5.1 Интегральный финансовый показатель [18]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.17)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{\text{pi}}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научного проекта [20].

Для сравнения возьмем две разработки: роликовый грохот и его аналог ситчатый грохот.

Интегральный финансовый показатель:

- для роликового грохота:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{163893,1}{200000} = 0,82$ ;
- для ситчатого грохота:  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{172320}{200000} = 0,86$  [20];

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

### 5.5.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения грохота можно определить следующим образом [18]:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.18)$$

где  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – балльная  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Для удобства расчета необходимые данные занесены в таблицу 13.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Роликовый грохот	Ситчатый грохот
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3
5. Надежность	0,25	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4
Итого	1		

$$I_{\text{р-рол}} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 4,25;$$

$$I_{\text{р-сит}} = 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 3,25.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального фин-ого показателя по формуле [18]:

$$I_{исп.рол} = \frac{I_{р-исп.рол}}{I_{исп.рол}}, \text{ и т.д.} \quad (5.19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 14) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ) [18]:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.рол}}{I_{исп.сит}}. \quad (5.20)$$

Таблица 14 – Сравнительная эффективность разработки грохота

№ п/п	Показатели	Роликовый	Ситчатый
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,82	0,86
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,25
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	3,78
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,73

При сравнении значений интегральных показателей эффективности мы убедились в том, что роликовое исполнение грохота является более эффективным решением для отсева сырых железнорудных окатышей.

## 5.6 Вывод по разделу финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность

В результате проведенного анализа конкурентных технических решений для производства грохота, было выбрано роликовое исполнение отсеивающей машины, как наиболее рациональное и предпочтительное, по сравнению с ситчатым.

При помощи SWOT-анализа были рассмотрены слабые и сильные стороны разработки.

Для более полного и четкого представления о структуре работ были определены участники работы (руководитель и инженер).

Установлена продолжительность работ для каждого участника и общая продолжительность разработки проекта (69 дней). Все исследование было разделено на отдельные этапы, на каждый из которых отведено определенное время. На основе этих данных построена диаграмма Ганта.

Как и у любого проекта, был рассчитан бюджет, учитывающий все виды расходов, такие как сырье и материалы и зарплаты исполнителям, а также накладные расходы, он составил 163893,1 рублей.

При определении интегрального показателя ресурсоэффективности роликового и ситчатого грохотов с учетом интегрального финансового показателя (0,82 и 0,86) и интегрального показателя ресурсоэффективности (4,25 и 3,25) стало видно, что роликовый грохот эффективнее ситчатого т.к. сравнительная характеристика эффективности 1 и 0,73 соответственно.



## 6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Окатыши — комочки измельчённого рудного концентрата сферической формы. Полуфабрикат металлургического производства железа. Являются продуктом обогащения железосодержащих руд и последующего окомкования и обжига. Наряду с агломератом являются основным компонентом железосодержащей части шихты в доменном производстве для получения чугуна [21].

Как правило, для производства окатышей используются небогатые железом руды, различные железосодержащие отходы. Для удаления минеральных примесей исходную (сырую) руду мелко измельчают и обогащают различными способами.

Производство железнорудных окатышей является прибыльным и стабильным. Только в России существует 15 крупных предприятий черной металлургии. А в мире Россия входит в 5-ку стран, общая доля которых составляет 3/4 мирового рынка по производству окатышей.

Реальными потребителями роликового грохота являются, например, Лебединский, Михайловский ГОКи. А также эта разработка будет интересна ООО ПК «Спирит», находящаяся в городе Иркутске.

Данное расположение является довольно удачным с точки зрения безопасности. Регион не страдает от землетрясений, наводнения случаются редко, лесные пожары бушуют не так сильно и не так масштабно, чтобы наносить вред предприятию.

Роликовый грохот для отсева железнорудных окатышей является востребованной разработкой не только для иркутского предприятия, но и для многих российских горно-обогатительных комбинатов и производственных компаний. Что, безусловно, предоставляет рабочие места и является социально значимым фактором для данной разработки, а также подтверждает ее актуальность.

## 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Целью данного раздела является рассмотрение режима рабочего времени, системы защиты персональных данных и оплаты труда работника с точки зрения трудового законодательства, а также правильность компоновки рабочего места.

### 6.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Российское законодательство в области труда представляет собой комплекс нормативно-правовых актов, формирующих нормы трудовых отношений.

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели, работу с ненормированным рабочим днем, продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством [22].

В случае с роликовым грохотом производство окатышей идет непрерывно 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, кроме специально выделенных дней под ремонт. Поэтому работа будет осуществляться посменно 2/2, т.е. два дня подряд две смены по 12 часов с 8:00 до 20:00, потом 2 дня отдых и далее две ночные смены с 20:00 до 8:00.

Прежде чем начать работать каждый человек подписывает трудовой договор и оставляет свои персональные данные.

Защите персональных данных работника посвящена глава 14 Трудового кодекса РФ, нормы которой устанавливают право каждого человека на неприкосновенность частной жизни, личную тайну, защиту своей чести и доброго имени, а сбор, хранение, использование информации о частной жизни человека без его согласия не допускается.

Персональные данные – любая информация, относящаяся к прямо или косвенно определенному или определяемому физическому лицу. Это ФИО человека, место рождения и паспортные данные, сведения об образовании, имеющихся навыках [23].

Важным требованием для защиты персональных данных, соблюдение которого необходимо при обработке персональных данных работника, состоит в необходимости все персональные данные работника получать у него самого.

При зачислении на работу и после отработанного месяца работнику начисляется заработная плата, обеспеченная государственными гарантиями по оплате труда [24]:

- величина минимального размера оплаты труда в Российской Федерации;
- ограничение перечня оснований и размеров удержаний из заработной платы по распоряжению работодателя, а также размеров налогообложения доходов от заработной платы;
- ограничение оплаты труда в натуральной форме;
- обеспечение получения работником заработной платы в случае прекращения деятельности работодателя и его неплатежеспособности в соответствии с федеральными законами.

#### 6.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Контроль выполнения эргономических требований должен осуществляться на стадиях проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта производственного оборудования [25].

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или

наклон его вперед не более чем на 15°. Под эти требования должны подходить рычаги управления, показания приборов о скорости вращения.

Средняя высота расположения средств отображения информации должна соответствовать значениям, приведенным в таблице 15.

Таблица 15 - Средняя высота расположения средств отображения информации [25]

Пол работающего	Средняя высота, мм
Женщины	1320
Мужчины	1410
Женщины и мужчины	1365

## 6.2 Производственная безопасность

Возможные Вредные и опасные факторы, которые могут нанести вред здоровью и даже жизни, при работе с роликовым грохотом приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Повышенный уровень шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-83 [30]
2. Подвижные части производственного оборудования		+	+	ГОСТ 12.2.003-91 [31]
3. Повышенная запыленность		+	+	ГОСТ 12.1.007-76 [32]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 [33] СНиП 23-05-95 [34]

Для каждого фактора рассмотрим источник возникновения, воздействие на организм человека и средства защиты.

### 6.2.1 Повышенный уровень шума

При работе грохота он будет издавать довольно громкий звук, как грохот, поэтому данную машину так и называли. Постоянно вращающиеся ролики, отсеиваемые окатыши, которые о них ударяются, металлорежущие станки, подвижное оборудование, все это может доставлять дискомфорт.

Предельно допустимый уровень шума в цехе должен быть не более 80дБА, что соответствует ГОСТ 12.1.003-83. При шуме в 90 дБА снизится слуховая чувствительность, а при 140 дБА могут лопнуть барабанные перепонки. Сильный шум вредно отражается на здоровье и работоспособности людей.

Чтобы снизить или свести к минимуму вред от шума мы должны:

- предоставить работникам средства индивидуальной защиты (затычки, беруши, специальные наушники);
- в обеденный перерыв и в свободное время работнику следует покидать рабочее место и отправляться в более тихое, чтобы слух отдохнул и адаптировался к нормальному уровню громкости;
- 1 раз в год проверять слух у врача-оториноларинголога.

### 6.2.2 Подвижные части производственного оборудования

Движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента, все это представляет потенциальную опасность на производстве.

Во избежание травмоопасных и подвергающих опасности жизнь человека ситуаций необходимо учитывать следующие нормы:

- все выступающие части станков, концы валов и вращающиеся части оборудования и механизмов, такие как зубчатые колеса, цепные и ременные передачи и т.п., должны быть надежно ограждены или заключены

в прочные, неподвижно укрепленные кожухи, конструкция которых обеспечивает возможность наблюдения за ними и смазки, исключая возможность травмирования;

- работать на неисправных машинах запрещается, нельзя также смазывать, регулировать и ремонтировать машину во время ее работы. Для выполнения этих операций машину следует остановить и затормозить;

- движущиеся части производственного оборудования должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего.

Также необходимо предоставить работникам и индивидуальные средства защиты:

- специальные крепкие тканевые перчатки;
- специальные защитные очки;
- защитная каска;
- рабочая роба.

### 6.2.3 Повышенная запыленность

Запыленность воздуха рабочей зоны оказывает прямое влияние на безопасность труда. Разные виды пыли и газов по-разному воздействуют на людей. Все зависит от их токсичности и концентрации, а также от количества времени, на протяжении которого человек находился в такой среде.

При производстве железнорудных окатышей и работе роликового грохота воздух рабочей зоны может быть запылен металлической пылью.

Стальная пыль ПДК –  $6 \text{ мг/м}^3$  – IV класс опасности [ГОСТ 12.1.007-7].

Для борьбы с пылью следует использовать коллективные и индивидуальные способы защиты:

- организовать продуманную систему вентиляции;
- периодически очищать рабочую зону от накопившейся пыли;

- наиболее подверженным влиянию пыли работникам предоставить респираторы;
- предоставить очки для защиты слизистой глаз.

#### 6.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности.

Средняя освещенность на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должна быть не менее 200 лк.

Работа с роликовым грохотом относится к разряду работ малой точности (таблица 17).

Таблица 17 – Нормы освещенности производственных помещений [26]

Разряд зрительно й работы	Характеристик а	Подразря д	Освещенность (комбинированна я система), Лк	Освещенность (комбинированна я система), Лк Освещенность (общая система), Лк
V	Малой точности	а б в г	400	300 200 200 200

а — постоянная работа, б — периодическая работа при постоянном пребывании в помещении, в — периодическая работа при периодическом пребывании в помещении, г — общее наблюдение за инженерными коммуникациями.

Для соблюдения данных норм следует в производственном цеху установить систему освещения, соответствующую уровню освещения и периодически очищать световые приборы от загрязнений и пыли.

### 6.3 Экологическая безопасность

В данном разделе будут рассмотрены источники загрязнения атмосферы и литосферы при работе производства железнорудных окатышей, нормы на эти загрязнения и методы защиты от них.

#### 6.3.1 Защита атмосферы

Аэрозоли это коллоидные системы, дисперсионная среда в которых - воздух, а дисперсной фазой в данном случае - частицы железной пыли.

При производстве железнорудных окатышей, при их отсеве на грохоте, при их транспортировке, загрузке и выгрузке, при этих процессах происходит отсоединение мелких частиц размером примерно 1-5 мкм и их улетучивание в атмосферу.

Предельно допустимые концентрации железа в атмосфере приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [27]

№ п/п	Наименование вещества	N CAS	Формула	Предельно допустимые концентрации, мг/м <sup>3</sup>		Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
				Максимальная разовая	Среднесуточная		
260.	диЖелезо триоксид, (железа оксид)/в пересчете на железо	1309-37-1	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO	-	0.04	рез.	3

При повышении ПДК металлическая пыль может стать причиной легочных заболеваний людей.

Эти частицы приводят к рассеянию света в видимой области спектра, инфракрасное излучение они поглощают незначительно, значительная их



концентрация в атмосфере приводит к снижению температуры земной поверхности.

Так же при оседании пыли на растениях снижается их способность к фотосинтезу.

Для уменьшения вредного воздействия пыли на атмосферу предприятие должно стараться снижать выбросы в атмосферу, ставить качественные фильтры и своевременно их заменять. Воздуховоды вытяжной вентиляции должны быть герметичны и иметь окна и отверстия для прочистки с герметично закрывающимися крышками.

### 6.3.2 Защита гидросферы

Железо — химический элемент не редкий, во многих природных водоёмах уровень этого элемента выше, чем других металлов. Количество железа в реках и озерах зависит от химического состава раствора, pH и частично от температуры. В реках и озерах уровень железа колеблется на уровне 0,1 мг/л, но может повыситься вблизи болот до несколько мг/л.

Железо — важный микроэлемент, оно влияет на интенсивность развития фитопланктона и от него зависит качество микрофлоры в водоёмах.

Вода с большим количеством железа (больше 1-2 мг/л) характеризуется плохими вкусовыми качествами. Она имеет неприятный вяжущий вкус и непригодна для промышленных целей.

ПДК железа для водной среды — 0,3 мг/л, для рыбохозяйственных прудов ПДКрыбхоз — 0,1 мг/л, а для морских водоёмов — 0,05 мг/л.

Для сохранения чистоты водоемов предприятие обязано должным образом соблюдать нормы промышленных выбросов в водоемы и не допускать утечек.

### 6.3.3 Защита литосферы

ПДКп - предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы, мг/кг. Эта концентрация не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Вопрос установления ПДК загрязняющих веществ в почвах весьма сложен. Потому что почвенный покров - среда, гораздо менее подвижная, чем поверхностные воды и атмосфера, и аккумуляция поступающих в почву химических соединений может происходить в течение долгого времени.

ПДК железа для почвы расположены в таблице 19.

Таблица 19 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в почве [28]

Элемент	ПДК, мг/кг
Fe	500

Загрязняющие атмосферу вещества отрицательно влияют на сельскохозяйственные растения как за счет непосредственного отравления зеленой массы, так и интоксикации почвы.

Для предотвращения и уменьшения загрязнения почвы предприятие должно контролировать выбросы пыли, а также места хранения и слеживания окатышей должны быть соответствующим образом подготовлены, огорожены и приспособлены для хранения данного продукта.

### 6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация; ЧС [29]: Обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или

окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

В данном разделе будут рассмотрены ЧС, которые могут возникнуть на предприятии, а также наиболее вероятная ЧС и меры для ее устранения.

Предприятие ООО «Спирит» находится на окраине города Иркутска.

Весной вода поднимается, начинаются наводнения. Подъезды и подходы к предприятию могут быть затоплены, вода может дойти и до самого предприятия.

Наводнения и пожары хоть и случаются, но это происходит довольно редко и самое главное не так опасно и разрушительно.

Наиболее серьезной угрозой для предприятия является вероятность возникновения пожара при обжиге окатышей, ведь температура в обжиговой машине поднимается до 1200 °С.

Для предотвращения возникновения пожара, необходимы следующие меры [29]:

- нельзя работать на неисправном оборудовании;
- проводя ремонт или обслуживание станков, их надо отключать от питания;
- нельзя использовать открытый огонь для проведения каких-либо мероприятий по обслуживанию, ремонту или эксплуатации;
- все работники, которые поступают на работу, проходят вводный инструктаж.

Если все меры были соблюдены или некоторые нарушены и пожар все таки возник, то нужно принять соответствующие меры по его ликвидации [29]:

- позвонить в службу пожарной безопасности;
- начать действия по тушению огня;
- организовать эвакуацию других сотрудников;
- самостоятельно покинуть горящий объект по эвакуационным проходам.

## 6.5 Вывод по разделу социальная ответственность

Социальная ответственность - ответственность перед людьми и данными им обещаниями.

Каждый работник предприятия, каждый директор предприятия должны соблюдать те правила, обязанности и некоторые «негласные» правила, которые установлены для сохранения всеобщего блага.

В данном разделе мы увидели какими должны быть рабочий режим и защита персональных данных, какие существуют эргономические требования и как они влияют на здоровье рабочего.

Разобрали возможные вредные и опасные факторы на производстве окатышей, их ПДК и средства индивидуальной и коллективной защиты. Даже свет, который с нами везде, может стать вредным и опасным, если не соблюдать необходимые нормы.

Увидели, как влияет производство на экологию. Обозначили вред металлической пыли на атмосферу и почву, а также способы снижения вреда. Расписали необходимые меры, которое должно принимать предприятие для снижения наносимого вреда экологии.

Выяснили, какую серьезную опасность представляют собой чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть. Разобрали как не допустить возникновения пожара на производстве и как его ликвидировать.

Каждый работник предприятия должен уверенно соблюдать социальную ответственность и только в этом случае будет организована полная, бесперебойная и главное безопасная производственная среда, в которой приятно работать.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы у роликовых грохотов были обнаружены части, на которые необходимо обращать особое внимание, которые ремонтируются и меняются чаще остальных деталей, это валы (ролики) и двигатель. Были предприняты соответствующие меры для уменьшения возможных проблем, связанных с ними.

В результате проведенной работы был спроектирован роликовый грохот для отсева сырых железнорудных окатышей класса +9-16 мм.

В ходе проектирования были решены следующие задачи. Были рассмотрены и изучены роликовые грохоты предыдущих лет. В рассмотренных патентах грохоты сортировали окатыши только на две фракции, мелкая просыпалась, а все, что крупнее, уходило на обжиг. Это не совсем эффективно, потому что не все окатыши, которые не просеивались, имеют необходимый размер и соответственно гранулометрический состав. Так же был рассмотрен грохот, у которого ролики приводились во вращение парным приводом (к одному приводу подсоединены два ролика). Такой способ дешевле индивидуального привода, но значительно сложнее в исполнении и при необходимости изменить расстояния между роликами возникают проблемы и соответственно простои.

В результате произведенных расчетов был рассчитан грохот с принципиальными отличиями от аналогичных конструкций.

В грохоте, предложенном в настоящей работе, сортировка окатышей осуществляется на три фракции, а привод выполнен путем цепной передачи от одного двигателя..

Грохочение на три фракции осуществляется следующим образом. Грохот поделен на 2 секции, в первой отсеиваются окатыши  $d < 9$  мм, во второй окатыши  $d < 16$  мм и соответственно  $d > 9$  мм, а окатыши с  $d > 16$  мм не просеиваются, а ссыпаются с конца грохота.

По результатам расчетов настоящий роликовый грохот имеет 50 роликов. Приводиться в движение они будут цепной передачей.

Каждый ролик имеет звездочку с одной стороны. Двигатель, установленный с той же стороны сверху грохота, передает вращение всем роликам с помощью цепи (серии ПР-12,7).

Также отличием от предшественников стало то, что ролик грохота представляет собой трубу диаметром 80×4 мм и длиной 2400 мм. В аналогичных грохотах вал был сделан полым, что делало его достаточно тяжелым. А данный вал будет легким, что также облегчит всю конструкцию, будет дешевле аналогов.

Основным рабочим органом грохота является вал. Он принимает на себя нагрузку от непрерывно загружаемых окатышей. Вал был рассчитан на виброустойчивость, которая обеспечивается при условии, что собственная частота вращения вала меньше критической в 0,7 раз. На условие жесткости в опасном сечении (которым является середина вала, так как она наиболее удалена от опор), которое соблюдается при прогибе вала меньше допустимого. Также на прочность в местах установки подшипников. Вал оказался полностью пригоден к использованию.

Анализируя и объединяя выгодные отличия спроектированного грохота, следует выделить тот факт, что при данных характеристиках вала и двигателя, и в целом грохота, он будет дешевле аналогов, что является хорошим условием для заказчиков.

Спроектированный грохот отвечает всем требованиям, которые предъявляются данным машинам на фабриках и комбинатах, поэтому может быть применен на производстве окатышей.

Несомненно, воплотив данную разработку на практике, она будет пользоваться спросом, потому что имеющиеся существенные отличия грохота будут востребованы рынком, который не стоит на месте и требует новых разработок и движения вперед.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агошков М. И., Мухин М. Е. Исследование прочности и выбор рациональной конструкции шахтных грохотов (рус.) // Горный журнал : Журнал. — 1955. — Ноябрь (№ 11). — С. 8—13.
2. RU 26454 U1, МПК-8 В 07 В 1/28. Вибрационный грохот / М.Ф. Марьянов, Г.С. Захарцов, Ю.М. Денисов (РФ). Заяв. 20.06.2002; опубл. 10.12.2002 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU26454U1\\_20021210](https://yandex.ru/patents/doc/RU26454U1_20021210).
3. RU 2232651, МПК-8 В 07 В 1/40. Грохот / Л.А. Вайсберг, Л.П. Зарогатский, А.В. Трофимов (РФ). Заяв. 06.12.2002; опубл. 20.07.2004 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2232651>.
4. RU 2241550 U1, МПК-8 В 07 В 1/40. Грохот / В.Г. Грезнев, И.И. Смирнов (РФ). Заяв. 21.03.2013; опубл. 25.04.2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/224/2241550.html>.
5. RU 2244601 C1, МПК-8 В 07 В 1/22. Барабанный грохот / А.В. Таскин, Е.И. Шамрай (РФ). Заяв. 30.06.2016; опубл. 13.02.2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU168611U1\\_20170213](https://yandex.ru/patents/doc/RU168611U1_20170213).
6. RU 168611 U1, МПК-8 В 07 В 1/22. Барабанный грохот / П.В. Маляров, П.А. Ковалев, В.Ф. Степурин (РФ). Заяв. 21.07.2003; опубл. 20.01.2005 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2244601C1\\_20050120](https://yandex.ru/patents/doc/RU2244601C1_20050120).
7. SU 1719100 A1, МПК-8 В 07 В 1/14. Роликовый грохот / А.А. Тарасенко, В.В. Яцун, Г.А. Попов (РФ). Заяв. 02.02.1990; опубл. 15.03.1992 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/SU1719100A1\\_19920315](https://yandex.ru/patents/doc/SU1719100A1_19920315).
8. RU 2118774 C1, МПК-8 В 07 В 1/14. Роликовый грохот / Л.К. Кокорин, Ю.А. Литвинов, Ю.Д. Флягин (РФ). Заяв. 06.05.1996; опубл. 10.09.1998 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2118774C1\\_19980910](https://yandex.ru/patents/doc/RU2118774C1_19980910).

9. Бессараб, Валерий Иванович. Проектирование и эксплуатация оборудования фабрик окомкования : справочник / В. И. Бессараб. — Москва: Металлургия, 1986. — 151 с.

10. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. и испр. А. С. Зубченко, М. М. Колосков и др. Под общей ред. А. С. Зубченко — М.: Машиностроение, 2003. 784 с.

11. Кокорин Л.К. Производство окисленных окатышей. Технология, оборудование / Кокорин Л.К., Лелеко С.Н. – Екатеринбург : Уральский центр ПР, 2004. – 280 с.

12. Першуков, А. А. Справочник рабочего фабрики окомкования / А. А. Першуков, А. В. Соболев. - Челябинск : Металлургия : Челяб. отд-ние, 1988. – 238, с.

13. Практик. Группа компаний [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nsk.pr52.ru/catalog/elektrodvigateli-obshchepromyshlennye-air>

14. Шейнблит, Александр Ефимович. Курсовое проектирование деталей машин : учебное пособие / А. Е. Шейнблит. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Калининград: Янтарный сказ, 2003. — 454 с.

15. s:\\_Студентам\ИШНПТ\НОЦ НМКижнера\МАХП\4Г6Б\ Лекции\ Лекция 10 РАСЧЕТ ВАЛОВ НА ВИБРОСТОЙКОСТЬ\ Примеры в Маткад\ Katalog\ .

16. S:\\_Студентам\ИШНПТ\НОЦ НМКижнера\ ! МАХП\ 4Г6Б\ Лекции\ Лекция 10 РАСЧЕТ ВАЛОВ НА ВИБРОСТОЙКОСТЬ\ Расчет валов на вибростойкость\_лк .

17. S:\\_Студентам\ ИШНПТ\ НОЦ НМКижнера\ ! МАХП\ 4Г6Б\ Лекции\ Лекция 10 РАСЧЕТ ВАЛОВ НА ВИБРОСТОЙКОСТЬ\ Допустимый прогиб вала .

18. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие /Криницына З.В., Видяев



И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

19. Филип Котлер, Роланд Бергер, Нильс Бикхофф. Стратегический менеджмент по Котлеру. Лучшие приемы и методы. — М.: Альпина Паблишер, 2012. — 144 с.

20. МЕКА – Бетонные и дробильные технологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mekadsk.ru/produkciya/grohoty/>.

21. Википедия — Свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Окатыш>

22. Консультант плюс — разработка правовых систем. [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/02ad99e78ac94a0f130d9ff5d327da9da98adfa3/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/02ad99e78ac94a0f130d9ff5d327da9da98adfa3/)

23. Консультант плюс — разработка правовых систем. [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/01f6157ff985b3cbbb50eb88fa6e26f30202532a/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/01f6157ff985b3cbbb50eb88fa6e26f30202532a/)

24. Консультант плюс — разработка правовых систем. [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/7e1ee9da7e27c1740b317e9f3a442bf860cd68dc/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/7e1ee9da7e27c1740b317e9f3a442bf860cd68dc/)

25. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

26. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

27. ГН 2.1.6.3492-17 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

28. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.

29. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

30. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

31. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

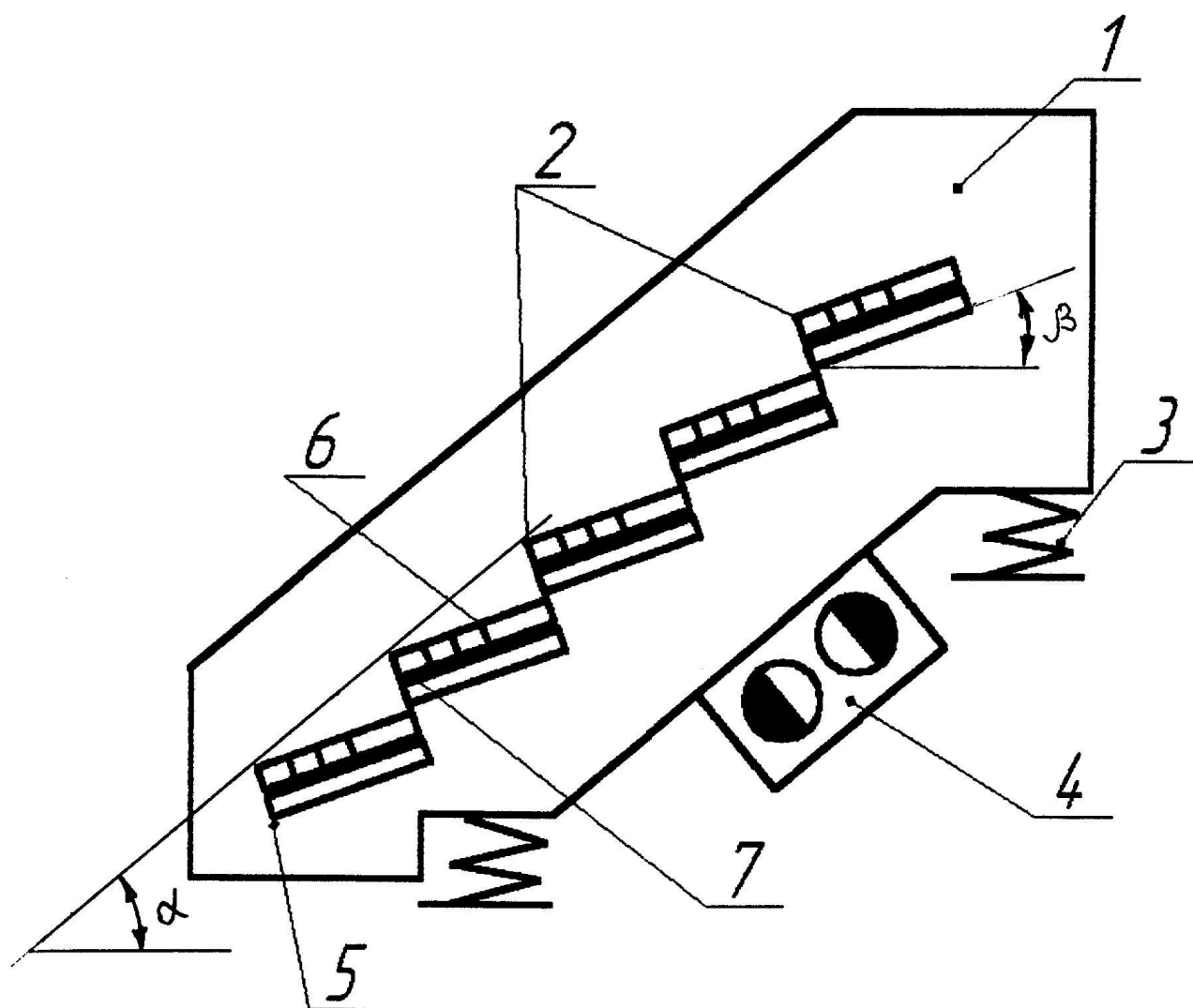
32. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

33. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

34. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

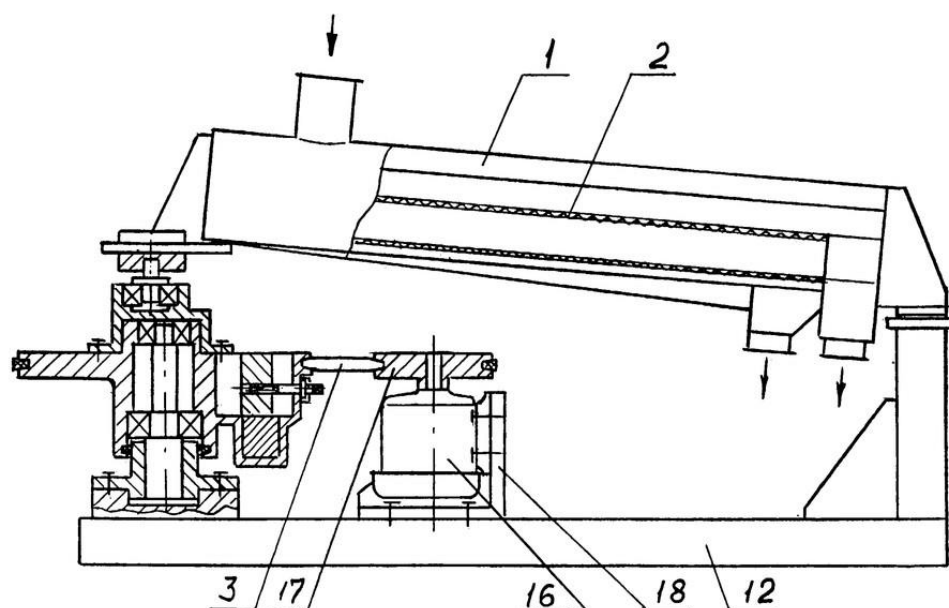
## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение А. Схема ситчатого грохота

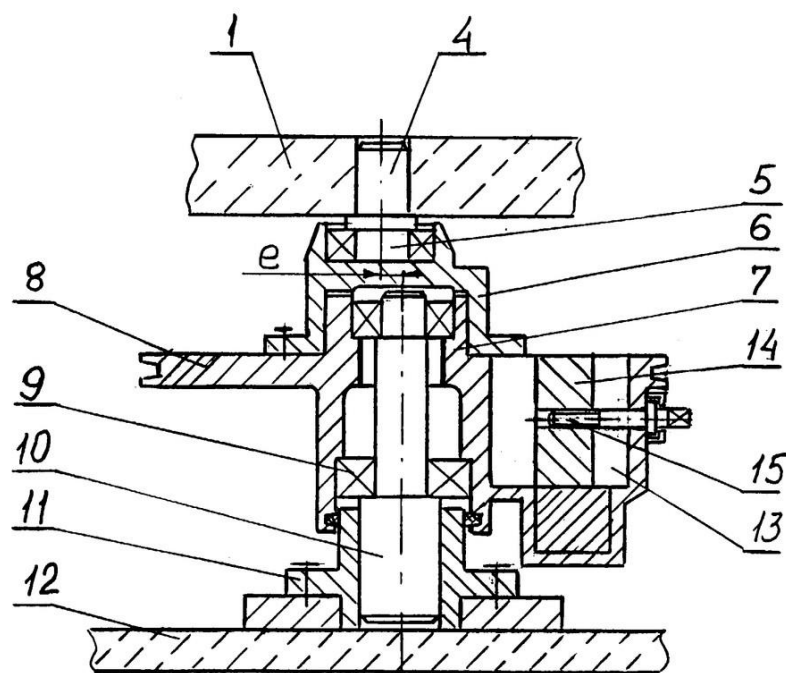


1 – короб; 2 – просеивающие поверхности; 3 – амортизаторы; 4 – вибровозбудитель; 5 – полки; 6 – сетчатые поверхности; 7 – ячеистые элементы.

# Приложение Б. Схема ситчатого грохота



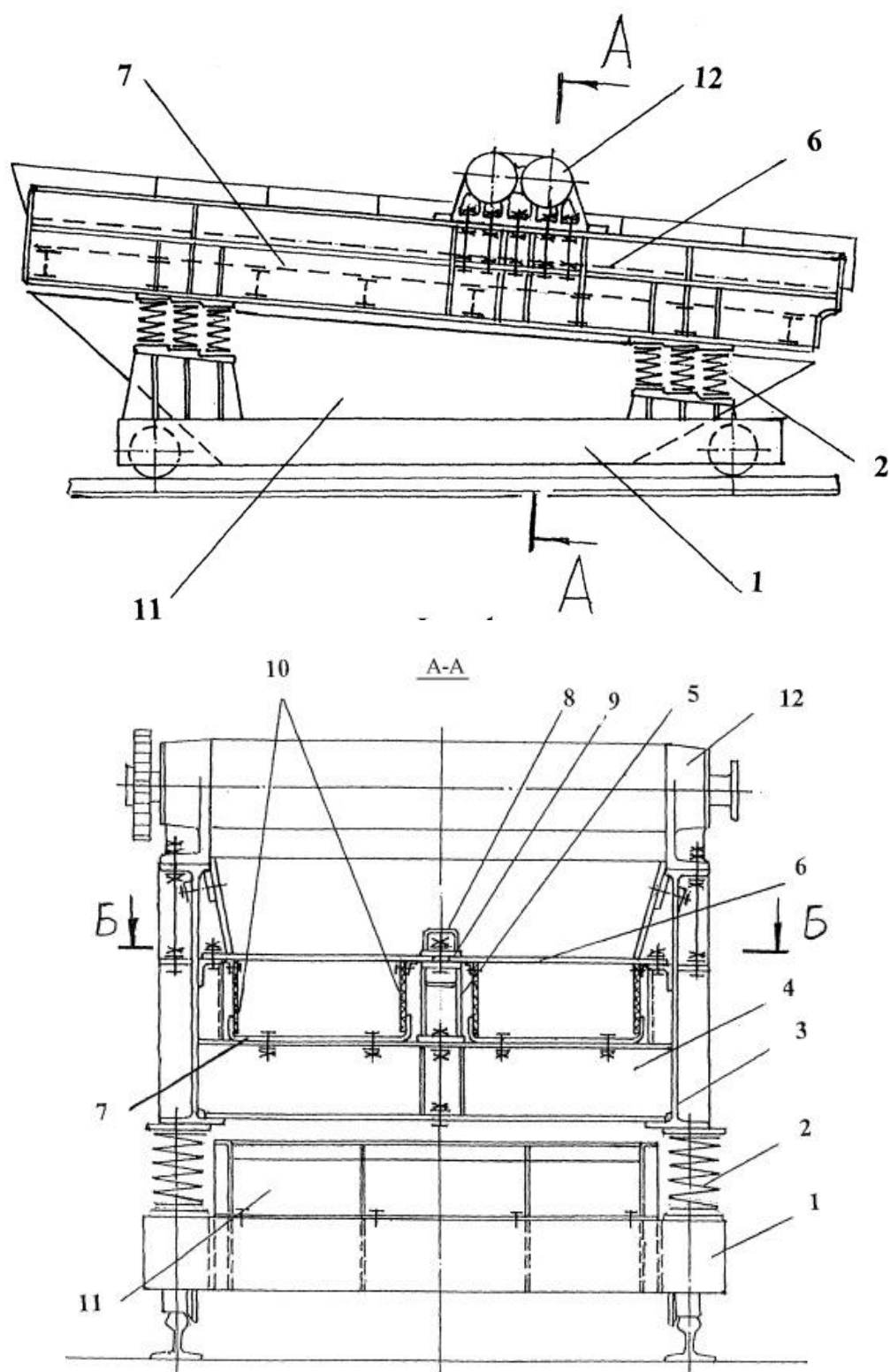
Фиг.1



Фиг.2

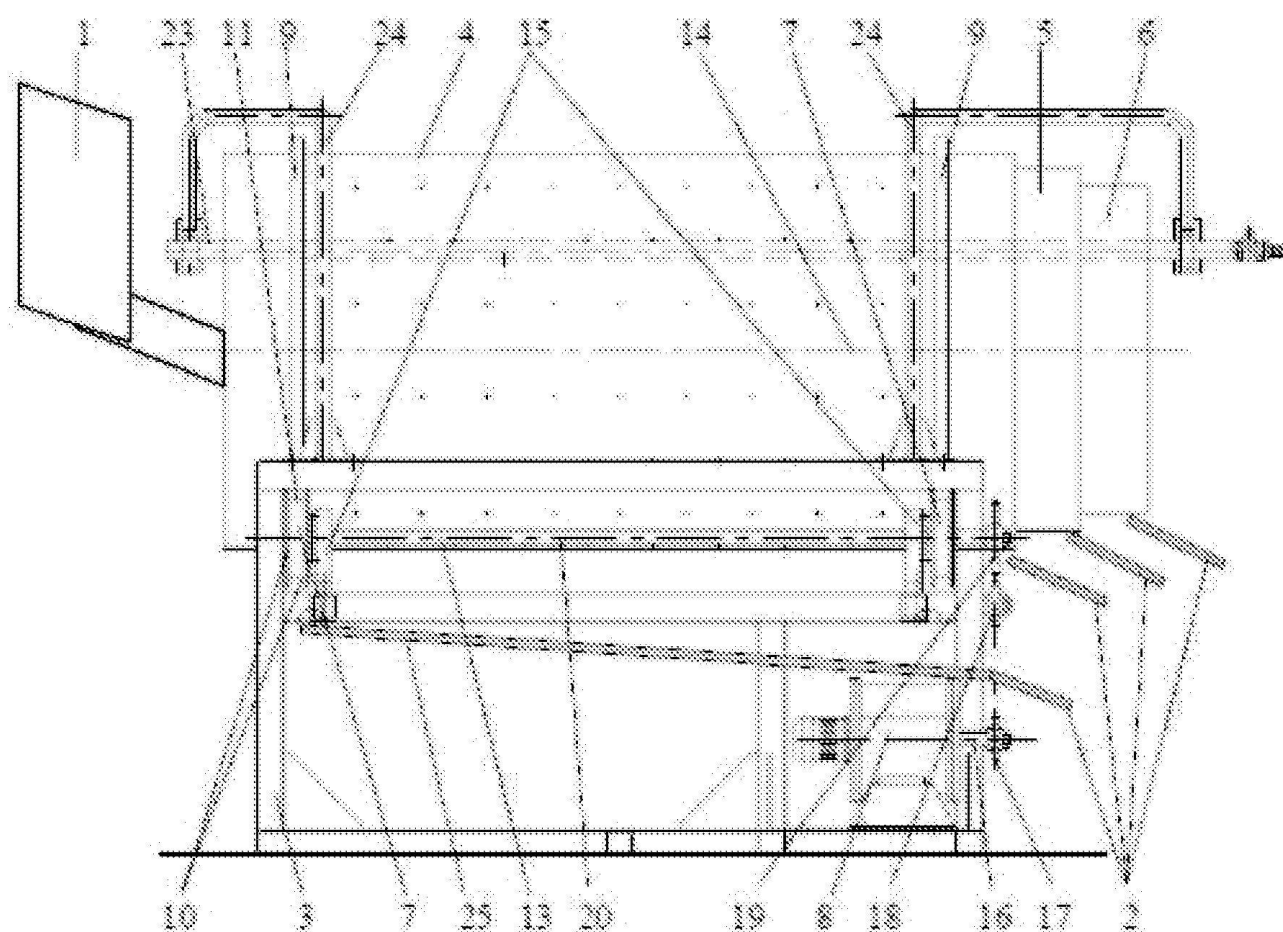
1 – короб; 2 – сито; 3 – привод; 4 – кривошип; 5 - ; 6 – корпус; 7 – эксцентричный выступ; 8 – расточка шкива; 9 - подшипники; 10 – ось; 11 – втулка; 12 – опорная рама; 13 – расточка; 14 – дебаланс; 15 – регулировочно-стопорный винт; 16 – приводной двигатель; 17 – ведущий шкив; 18 – кронштейн.

# Приложение В. Устройство вибрационного грохота



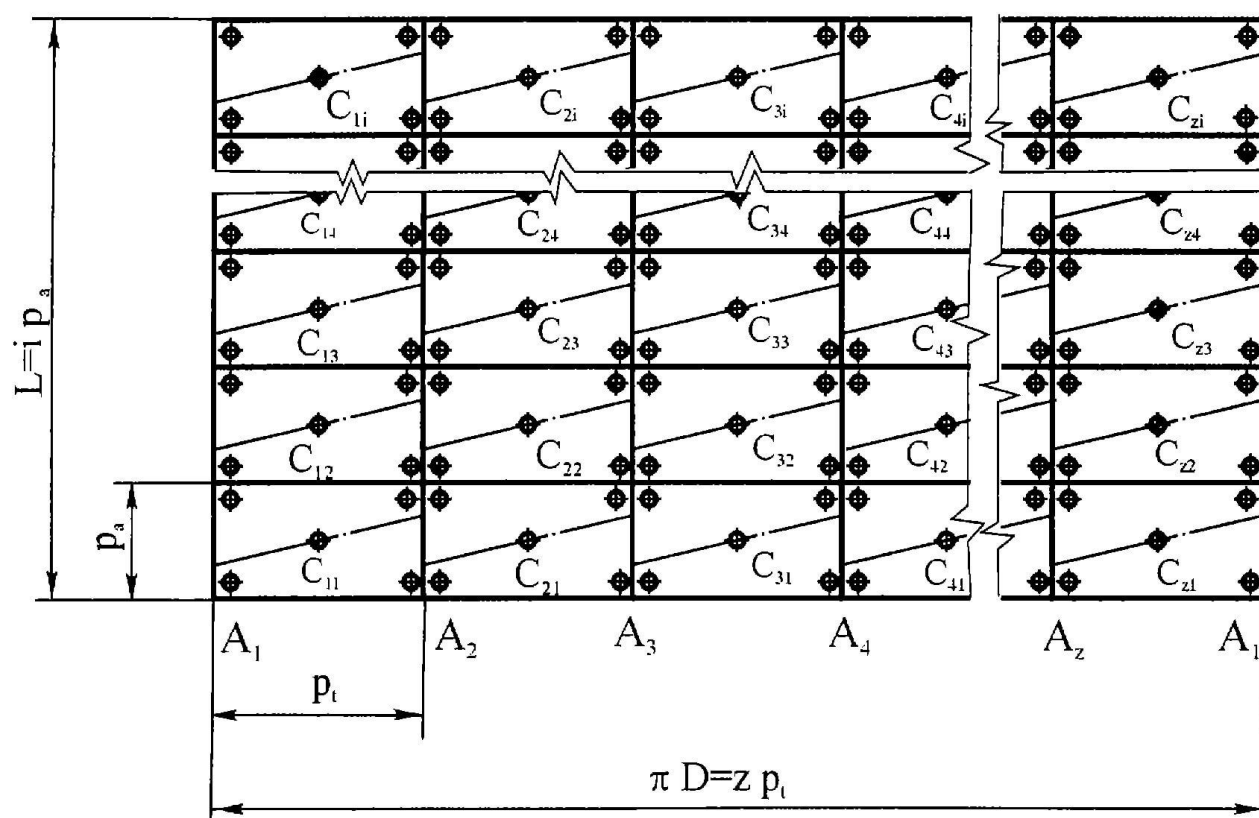
1 – несущая рама; 2 – виброизолирующие опоры; 3 – боковые балки; 4 – поперечные балки; 5 – продольные балки; 6 – верхние секции; 7 – лотки; 8 – крепежи; 9 – планки; 10 – шторы; 11 – воронка; 12 – вибровозбудитель.

## Приложение Г. Схема барабанного грохота

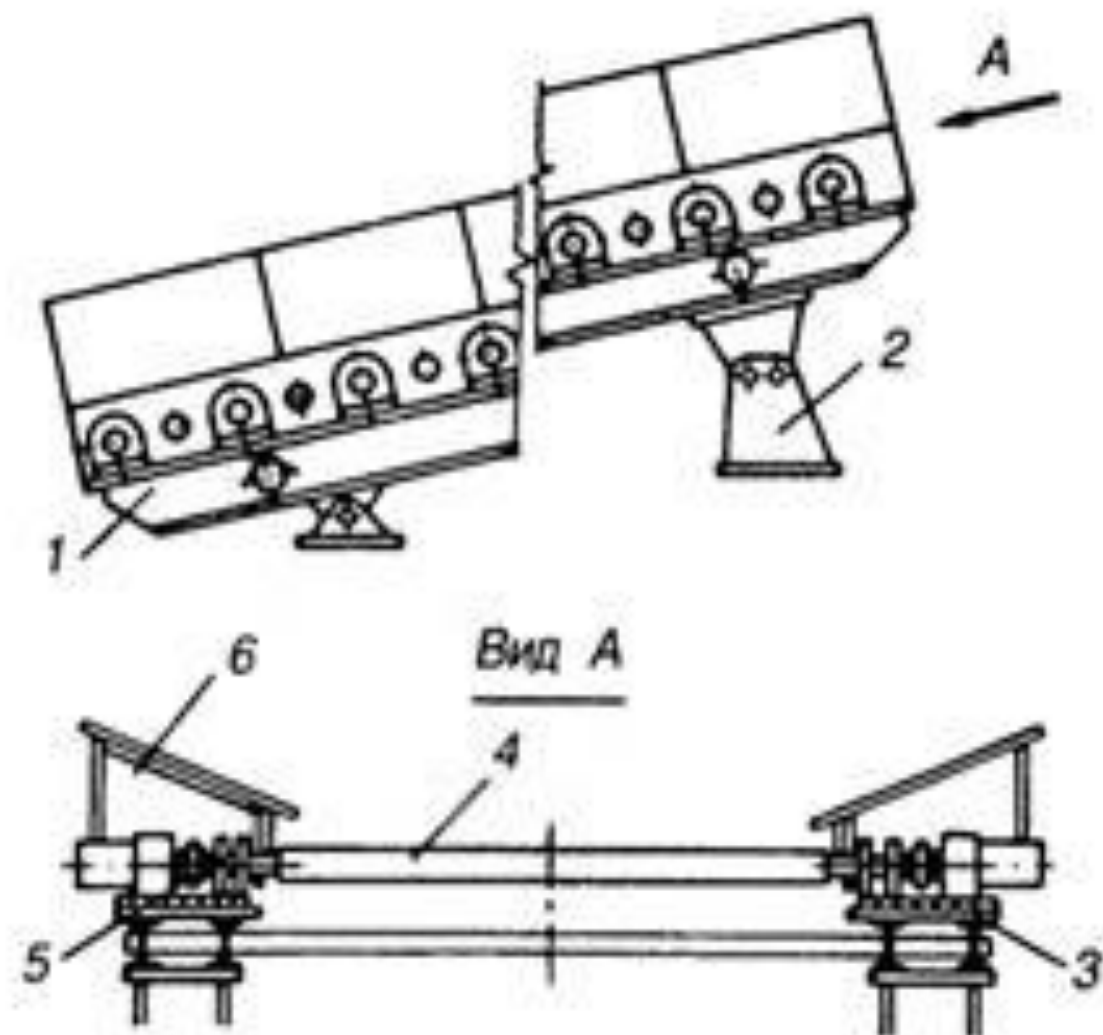


1 – питающий, 2 – выпускной узлы; 3 – опорная рама; 4 – внешняя, 5 – промежуточная, 6 – внутренняя просеивающие секции; 7 – фрикционные ролики; 8 – двигатель вращения; 9 – кольцевые бандажи; 10 – щечки; 11 – опорная поверхность; 12 – жесткие связи; 13 – валы; 14 – продольная ось грохота; 15 – цапфы; 16 – вал двигателя; 17 – шкив; 18 – приводные колеса; 19 – обводной ролик; 20 – оси вращения; 21 – приводной ремень; 22 – лопатки; 23 – перфорированная труба; 24 – опорные дуги; 25 – желобчатый лоток.

Приложение Д. Размеры карт из износостойкой резины



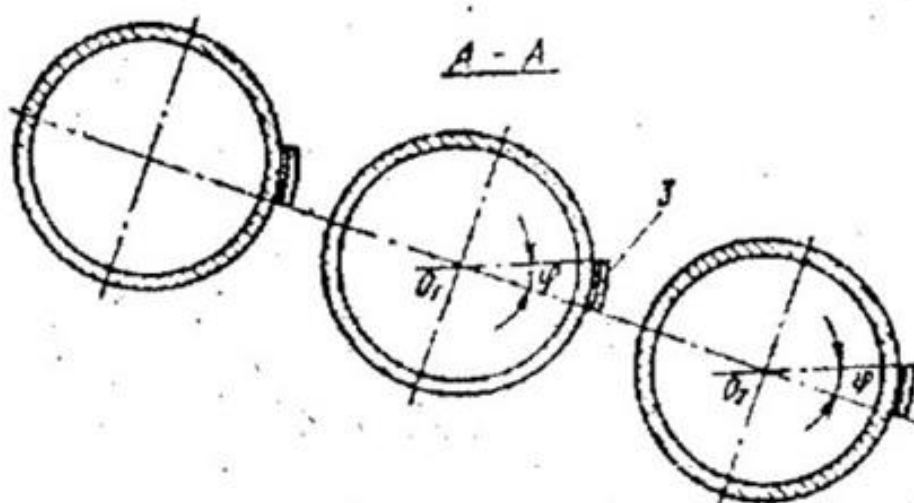
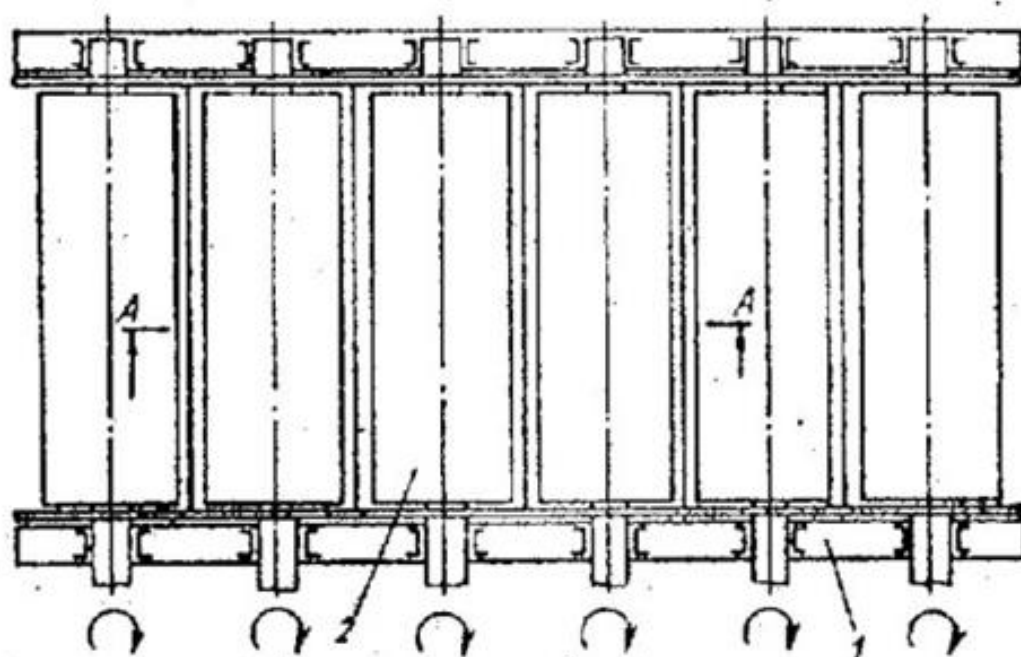
Приложение Е. Общий вид роликового грохота с индивидуальным приводом



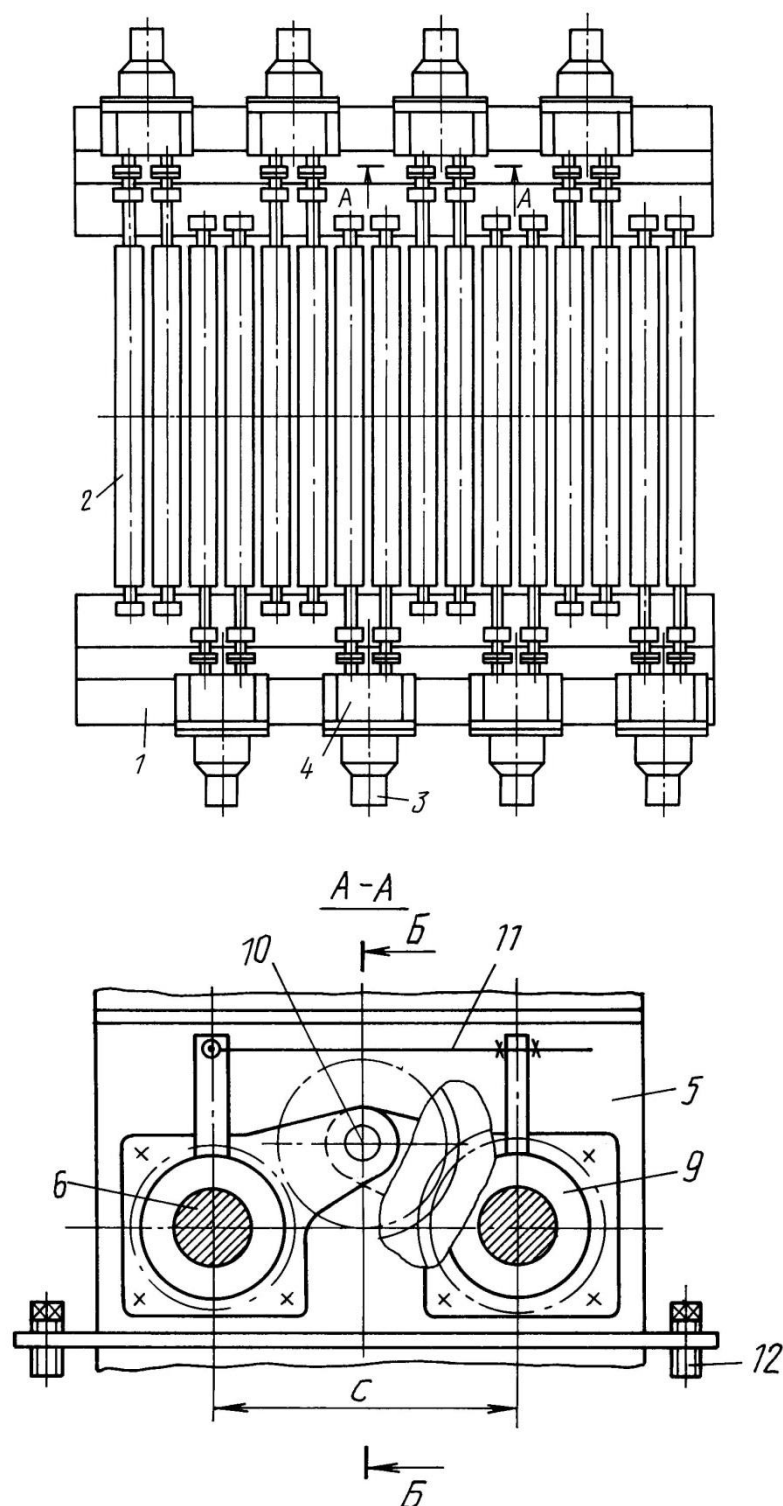
1 – рама; 2 – стойка; 3 – паз; 4 – ролик; 5 – роlikоопора; 6 – борт.



Приложение Ж. Схема расположения кожухов после каждого ролика



### Приложение 3. Строение роликового грохота с парным приводом



1 – рама; 2 – ролики; 3 – приводы (мотор-редукторы); 4 – дополнительные редукторы; 5 – неподвижный корпус; 6 – выходные валы; 7 – зубчатое колесо; 8 – ведущая шестерня; 9 – корпус; 10 – общая ось; 11 – тяга; 12 – полые опоры; 13 – муфта.